


Este exemplar corresponde a redação final da  
tese defendida por Olavo Gazzola e aprovada  
pela Comissão julgadora em 23 de fevereiro de 19  
Campinas, 03 de março de 1989



Prof. Dr. Paulo Sérgio Graziano Magalhães  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Presidente da Banca

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

PROJETO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DOSADOR  
DE PRECISÃO PARA SEMEADORA A TRACÇÃO ANIMAL

OLAVO GAZZOLA  
Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr.

Paulo Sérgio Graziano Magalhães

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola  
da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção de  
título de Mestre em Engenharia Agrícola

Campinas - SP  
1989

Dedico, ao meu irmão Ademar,  
pelos exemplos e incentivo  
recebido.

Ofereço, à minha esposa Synara  
pelo amor e compreensão dedica  
dos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Paulo Sérgio Graziano Magalhães pela orientação e ajuda recebida em todas as fases deste trabalho.

Ao Professor Wladimir Pereira Gordo pela amizade, colaboração e valiosas sugestões durante a realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Mecânico Msc. José Antônio Portella, pela convivência amigável, sugestões e apoio em todas as fases deste trabalho.

Ao Estatístico José de Sousa Ramos e aos Professores Dr. João Domingos Biagi e Dr. Roberto Testezlaf pela ajuda nas análises estatísticas.

A Professora Dr.<sup>a</sup> Dóris Groth pela colaboração nas análises de sementes.

Aos Funcionários Roberto Carlos de Souza, José Maria da Silva, Dércio Tabossi, Luiz Carlos dos Santos Silva e Anésio Souza Nogueira pela ajuda prestada durante todas as fases de desenvolvimento do protótipo.

Ao Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA) na pessoa da Engenheira Agrícola Maria Cristina Cavalheiro Tourino pela presteza e apoio na execução dos ensaios com o protótipo.

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC) na pessoa do Engenheiro Agrônomo Dr. Luiz Fernandes Razera pela receptividade e pronta cessão das sementes para a realização dos ensaios.

À Indústria de Máquinas Agrícolas Marchesan S.A pela pronta cessão da semeadora a tração animal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pela bolsa concedida.

À Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação pelas cópias deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação pelo convívio durante a execução deste trabalho.

## RESUMO

O Trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de uma semeadora de precisão a tração animal, a qual permite vencer algumas limitações básicas em relação às disponíveis no mercado, como por exemplo: baixa precisão de dosagem; baixa uniformidade de distribuição longitudinal de sementes; alto índice de danos mecânicos e a elevada altura do centro de gravidade. O protótipo final apresenta as seguintes características: 1) altura do centro de gravidade reduzida; 2) uma unidade dosadora que emprega um sistema de correia de borracha e uma escova giratória com função de eliminar o excesso de sementes, destituída de ejedor de sementes; 3) as dimensões das células dosadoras são proporcionais à semente empregada; 4) a velocidade periférica do dosador permite um bom processo de enchimento das células; 5) a velocidade periférica do dosador possui sentido oposto à velocidade de avanço da semeadora no ponto de liberação da semente, sendo o seu módulo igual a 40 % da velocidade de avanço da semeadora; 6) o dosador é localizado bem próximo ao nível do solo, dispensando o uso de tubo condutor. O desempenho do protótipo foi avaliado em laboratório, estudando-se o efeito do nível de sementes no reservatório, a velocidade de deslocamento e a posição da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes e sobre o índice de

danos mecânicos. A comparação entre tratamentos para a uniformidade de distribuição longitudinal foi feita empregando-se a porcentagem de normais (ABNT PNBR 12:0206-004) e para o índice de danos mecânicos a porcentagem de germinação. Conclui-se que, os fatores estudados não tiveram efeito estatisticamente significativo sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, bem como sobre o índice de danos mecânicos.

## ABSTRACT

This research presents the development and evaluation of precision seed drill by animal traction. It permits to overcome some basics limitations in relation to the available machines in the market, for example: low metering precision; low longitudinal distribution uniformity; high seed damage and high implement gravity center. The final prototype presents this characteristics: 1) lower gravity center; 2) single seeds meter device which uses a rubber belt system. It has also, a rotary brush to eliminate the excess of seeds, and demonstrate that a positive unloading device was not necessary; 3) the cells have the proper size for the seeds; 4) the linear velocity of the meter device permits a good cells fillig; 5) the tangencial velocity at release point is opposite in the direction of the forward speed of the drill and its modulus is 40 % of the forward speed of the drill; 6) the meter device is set close to the ground eliminating the need of drop tube. The performance of the prototype was evaluated in the laboratory, by studying the effect of seed reservoir level, the forward velocity and the position of the drill on longitudinal distribution uniformity and the seed damage. The comparision between treatments on longitudinal distribution uniformity was made by employing the normal percentage (ABNT: PNBR 12:0201-004)

and for seed damage germination percentage. The conclusion was that these factores do not have a significative statistical effect on longitudinal distribution uniformity and on seed damage.



## SUMÁRIO

	página
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
SUMÁRIO.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE GRÁFICOS.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Tração Animal.....	7
2.1.1 Características do trabalho animal.....	8
2.2 Desempenho de semeadoras de precisão.....	10
2.2.1 Uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	10
2.2.2 Fatores que afetam o desempenho de semeadoras de precisão.....	11
2.3 Danos mecânicos de sementes causados por semeadoras.....	19
2.4 Mecanismos dosadores de precisão.....	21
2.4.1 Classificação.....	21
2.4.2 Tipos de mecanismos dosadores desenvolvidos.....	22
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	26
3.1 Introdução.....	26

3.2 Princípio de dosagem.....	26
3.3 Desenvolvimento do primeiro protótipo do mecanismo dosador .....	28
3.4 Desenvolvimento do segundo protótipo do mecanismo dosador.....	32
3.5 Desenvolvimento do terceiro protótipo do mecanismo dosador.....	37
4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO COM A SEMEADORA.....	41
4.1 Introdução.....	41
4.2 Produto.....	42
4.3 Determinação do diâmetro das células dosadoras.....	42
4.4 Banco de ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes..	42
4.4.1 Princípio de funcionamento do banco de ensaios.....	43
4.5 Avaliação preliminar da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	44
4.5.1 Ensaios de avaliação do efeito da velocidade periférica do dosador.....	45
4.6 Avaliação final da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	47
4.6.1 Ensaios de avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório.....	47
4.6.2 Ensaios de avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora....	48

4.6.3 Ensaio de avaliação do efeito da posição da semeadora.....	49
4.7 Avaliação de danos mecânicos.....	50
4.7.1 Ensaio de avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora....	51
4.7.2 Ensaio de avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório.....	52
4.8 Análise estatística dos dados.....	53
4.8.1 Análise da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	53
4.8.2 Análise de danos mecânicos.....	54
4.9 Determinação do centro de gravidade da semeadora.....	55
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 Diâmetro das células dosadoras.....	57
5.2 Avaliação preliminar da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	58
5.2.1 Efeito da velocidade periférica do dosador.....	58
5.3 Avaliação final da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.....	63
5.3.1 Efeito do nível de sementes no reservatório.....	63
5.3.2 Efeito da velocidade de deslocamento da semeadora.....	67
5.3.3 Efeito da posição da semeadora.....	74
5.4 Avaliação de danos mecânicos.....	88

5.4.1 Efeito da velocidade de deslocamento da semeadora.....	88
5.4.2 Efeito do nível de sementes no reserva tório.....	89
5.5 Centro de gravidade da semeadora.....	91
6.CONCLUSÕES.....	93
7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	94
8.ANEXO.....	100

## LISTA DE FIGURAS

	página
3.1 Protótipo I - Vista interna do mecanismo dosador	31
3.2 Protótipo I - Vista externa do mecanismo dosador	31
3.3 Protótipo II - Vista interna do mecanismo dosador	34
3.4 Protótipo II - Vista lateral do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora	34
3.5 Protótipo III - Vista interna do mecanismo dosador	39
3.6 Protótipo III - Vista lateral do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora	39
4.1 Aspecto do banco de ensaios utilizado no experimento	45
4.2 Aspecto de uma distribuição longitudinal de sementes sobre a fita coletora	45

## LISTA DE TABELAS

	página
1.1 Evolução do número de propriedades rurais e o tipo de força utilizada entre 1975 e 1980	2
4.1 Condições gerais de execução dos ensaios para avaliação do efeito da velocidade periférica do dosador sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	46
4.2 Condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	47
4.3 Condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	48
4.4 Condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da posição da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	50
4.5 Condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora sobre o índice de danos mecânicos	52

4.6	Condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório sobre o índice de danos mecânicos	53
5.1	Distribuição do diâmetro das sementes de soja	57
5.2	Efeito da velocidade periférica do dosador sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	59
5.3	Intervalos das classes de frequência	63
5.4	Efeito do nível de sementes no reservatório sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	66
5.5	Efeito da velocidade de deslocamento da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	73
5.6	Efeito da posição da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes	81
5.7	Efeito da velocidade de deslocamento da semeadora sobre o índice de danos mecânicos	88
5.8	Efeito do nível de sementes no reservatório sobre o índice de danos mecânicos	89

## LISTA DE GRÁFICOS

	página
5.1 Verificação da normalidade dos dados para o tratamento referente à velocidade periférica do dosador de 0.3 m/s	60
5.2 Histograma de frequência para o nível de sementes no reservatório cheio (1/1)	64
5.3 Histograma de frequência para o nível de sementes no reservatório um quarto (1/4)	65
5.4 Espaçamentos entre sementes para o nível de sementes no reservatório cheio (1/1)	68
5.5 Espaçamentos entre sementes para o nível de sementes no reservatório um quarto (1/4)	69
5.6 Histograma de frequência para a velocidade de deslocamento da semeadora de 2.7 km/h	70
5.7 Histograma de frequência para a velocidade de deslocamento da semeadora de 3.5 km/h	71
5.8 Histograma de frequência para a velocidade de deslocamento da semeadora de 4.0 km/h	72
5.9 Espaçamentos entre sementes para a velocidade de deslocamento da semeadora de 2.7 km/h	75
5.10 Espaçamentos entre sementes para a velocidade de deslocamento da semeadora de 3.5 km/h	76



5.11 Espaçamentos entre sementes para a velocidade de deslocamento da semeadora de 4.0 km/h	77
5.12 Histograma de frequência para a posição da semeadora nivelada	78
5.13 Histograma de frequência para a posição da semeadora inclinada 11 graus à direita	79
5.14 Histograma de frequência para a posição da semeadora inclinada 11 graus à esquerda	80
5.15 Espaçamentos entre sementes para a posição da semeadora nivelada	83
5.16 Espaçamentos entre sementes para a posição da semeadora inclinada 11 graus à direita	84
5.17 Espaçamentos entre sementes para a posição da semeadora inclinada 11 graus à esquerda	85

## 1. INTRODUÇÃO

O animal como fonte de potência é tradicionalmente utilizada no trabalho agrícola especialmente para a tração, o transporte e movimentar máquinas estacionárias. Constitui, também, uma alternativa energética valiosa para a agricultura ao lado de outros tipos de energia de origem natural como biomassa, solar e eólica. Os animais de trabalho possibilitam o uso de um sistema de mecanização apropriado, de custo reduzido, auto-sustentável e reproduzível.

Do ponto de vista da racionalização do uso da energia na agricultura, a tração animal é a solução técnica e econômica recomendável para aumentar a produtividade do trabalho do agricultor, quando comparado com a tração mecânica nas seguintes situações: a) solos com topografia irregular e com obstáculos que tornam impraticável o uso de tratores; b) em estabelecimentos agrícolas situados em regiões desprovidas de assistência mecânica, peças para a manutenção de motores e com dificuldade para o abastecimento de combustíveis; c) em pequenas propriedades rurais, cuja economia é incompatível com o alto preço das máquinas à motor e do combustível; d) em regiões com população de baixo nível cultural, tornando difícil a obtenção de tratoristas capacitados para o trabalho e manutenção das máquinas, com a consequente diminuição do tempo de serviço das mesmas.

A Tabela 1.1 nos mostra a evolução do número de propriedades rurais e o tipo de força utilizada nos trabalhos agrícolas entre 1975 e 1980 conforme dados do Censo Agropecuário dos respectivos anos (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; 1975, 1980).

TABELA 1.1 EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PROPRIEDADES RURAIS E O TIPO DE FORÇA UTILIZADA ENTRE 1975 E 1980

Tipo de Força	Nº Estabelecimentos		Variação (%)
	1975	1980	
Humana	2.766.695	2.589.144	- 6,1
Animal	1.242.725	965.762	- 22,3
Mecânica	404.935	584.441	+ 44,3
Animal e Mecân.	288.030	669.293	+132,4

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário 1975 e 1980

Verifica-se pela Tabela 1.1 que quando analisados individualmente a utilização da energia animal reduziu e da energia mecânica aumentou, mas o conjunto animal-máquina foi o segmento que apresentou o maior índice de crescimento, o que indica uma tendência de utilização mista de energia tornando as tarefas mais econômicas com o uso do animal.

Em termos de custo para o produtor rural um estudo realizado pela Emater do Estado do Ceará, citado por REIS (1983), comprovou que a mecanização à tração animal é a

alternativa mais econômica para a pequena propriedade, quando comparada com a tração mecânica, pois através do estudo pode-se estimar, por exemplo, que usando-se a tração animal para a preparação de uma média de 5 hectares, somente nas propriedades na faixa de 5 a 10 hectares, nos estados da Região Sul, obter-se-ia uma economia de cerca de 35 milhões de litros de óleo diesel, por período agrícola.

Um levantamento do potencial de mecanização agrícola no Estado de São Paulo através da tração animal, realizado por DANIEL et alii (1986), confirmou a importância da tração animal na produção agrícola do Estado. O estudo revelou que 7% das propriedades existentes utilizam-se da tração animal como fonte exclusiva de potência na mecanização agrícola; com área de 164.285 hectares equivalente a 2.7% de toda a área cultivada no território paulista e a área média trabalhada por propriedade é de 5.6 hectares.

O Estado de Santa Catarina, representando 1,13% do território nacional, destaca-se no cenário nacional como o quinto produtor de alimentos. O Estado apresenta uma topografia bastante acidentada, fazendo-se com que apenas cerca de 30% da área agrícola, mostre-se apta para as culturas anuais e sem restrições à mecanização. A pequena propriedade de exploração familiar é característica do Estado, pois, em 1972, das áreas individuais, 89% eram inferiores a 50 hectares (EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA S.A, 1986). O uso da tração animal como um todo no Estado é significativo sendo que cerca de 76% dos

estabelecimentos agrícolas usam exclusivamente a força animal, 20% a humana e 10% a mecânica, (REIS, 1983), o que demonstra o grande potencial de uso de máquinas agrícolas à tração animal.

As máquinas de tração animal foram introduzidas no Brasil pelos imigrantes europeus, principalmente, alemães e italianos, sendo que os agricultores norte-americanos que imigraram para São Paulo, após a guerra de Secessão, também trouxeram diversas máquinas agrícolas ao Brasil. Até a Segunda Guerra Mundial, o Brasil importava implementos de boa qualidade e eficiência, principalmente da Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos. Muitas máquinas brasileiras foram originalmente copiadas das importadas desconsiderando os principais parâmetros de projeto inerentes a cada máquina, bem como as diferentes condições climáticas e pedológicas existentes no Brasil; sendo considerado somente simplificações no processo de fabricação para diminuir os custos o que ocasionou uma sensível queda de eficiência das máquinas brasileiras em comparação com os modelos originais.

Os implementos à tração animal mais difundidos no Brasil, são o arado de aiveca fixo ou reversível, a grade de dentes, a semeadora e ou adubadora e o cultivador de cinco enxadas. Quanto aos arados à tração animal existentes nas unidades produtivas brasileiras 60 % estão concentrados na Região Sul, 25 % na Sudeste e 12 % na Nordeste (REIS, 1983).

Entre as semeadoras e ou adubadoras destacam-se a de fluxo contínuo e a de precisão. Os elementos básicos destas

máquinas foram concebidas e desenvolvidas no século passado, recebendo nesse tempo poucas inovações tecnológicas que viessem melhorar o desempenho das mesmas. A maioria destas máquinas são de discos dosadores metálicos que causam muitos danos mecânicos às sementes, além de não efetuarem uma dosagem adequada. Geralmente, estas semeadoras possuem um tubo condutor que transporta as sementes desde o dosador até o fundo do sulco, cuja interação com as sementes prejudica a uniformidade de distribuição longitudinal resultando numa distribuição de plantas heterogênea, o que reduz o rendimento da cultura.

Para que estes implementos cumprissem bem suas funções seria necessário preencher os seguintes requisitos básicos: a) abrir um sulco no solo a uma profundidade adequada; b) dosar sementes individuais; c) depositar as sementes no fundo do sulco a distâncias iguais e a profundidades uniformes; d) cobrir as sementes e compactar o solo ao redor das mesmas com determinada pressão de acordo com a espécie de semente utilizada.

Entretanto as semeadoras de precisão à tração animal mais comercializadas no Brasil não vem cumprindo na totalidade estes requisitos básicos o que se verifica pelos resultados do trabalho realizado por CASÃO JR. et alli (1987). MANTOVANI (1986) avaliando o desempenho de semeadoras-adubadoras de tração mecânica em duas velocidades de plantio, verificou que das cinco semeadoras avaliadas,

apenas uma atingiu o nível técnico recomendado de 75 % nas duas velocidades.

DELAFOSSÉ (1986) relata que a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura possui uma influência direta sobre o rendimento da cultura, seja pela competitividade entre plantas por água, nutrientes, luz ou por espaço vital. Estudos realizados mostram que a falta de uniformidade entre plantas pode determinar perdas de 15% ou mais na cultura do milho; 35% ou mais na de girassol e 10% ou mais na de soja.

Tendo em vista o acima exposto podemos observar o quanto importante seria o desenvolvimento neste setor, e para tanto estamos propondo este trabalho, cujo o objetivo principal é:

a) Desenvolver e avaliar um mecanismo de dosagem de sementes para semeadoras à tração animal.

Os objetivos específicos do trabalho são:

a) Desenvolver um mecanismo de precisão, o qual tenha o mínimo de danos mecânicos às sementes possível.

b) Estudar a viabilidade de se instalar este mecanismo em uma estrutura convencional e que este desempenhe suas funções de um modo satisfatório.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TRACÇÃO ANIMAL

REIS (1983), revela em seu trabalho sobre equipamentos para pequenos produtores, que cerca de dois milhões de unidades produtivas brasileiras, correspondentes a 40% do total, empregavam a mecanização agrícola, sendo 30% com tração animal e 10% motorizada; as 60% restantes utilizavam exclusivamente a força humana.

Comparando-se o trabalho animal com o motor, observa-se que a baixa velocidade de deslocamento e a força fornecida pelos animais são os fatores limitantes de sua utilização. A escassa variação do rendimento e da velocidade durante o trabalho, a necessidade de tempo para a alimentação e regeneração de forças são determinantes no processo de intensificação do ritmo de exploração. Entretanto a comparação entre animais de tração é complexa e não deve ficar apenas na comparação da capacidade de trabalho (ha/h), mas também considerar as necessidades de exploração, inversão de capital, custos de manutenção e funcionamento por unidade de trabalho e por unidade de produto, retorno do capital no fim de vida útil e necessidades técnicas de mão-de-obra e insumos (ANJOS, 1983).

Em muitas propriedades, segundo SILVEIRA (1987), um fato comum é o animal trabalhar em conjunto com o trator. As



operações de aração e gradeação são realizadas com o uso de tratores e as operações de adubação, plantio e cultivo com tração animal. Assim o produtor rural pode liberar o trator para outros serviços ou para o aluguel a terceiros, enquanto usa a tração animal para os serviços mais leves.

#### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO TRABALHO ANIMAL

A capacidade de um animal desenvolver esforço tratório, segundo MIALHE (1980), relaciona-se com a espécie e com a velocidade, mas o fator determinante é o seu peso vivo. Sob trabalho contínuo a capacidade de tração, usualmente é estabelecida entre 1/8 e 1/10 do peso animal. De um modo geral os bovinos desenvolvem um maior esforço tratório a baixas velocidades, enquanto os equinos e muares trabalham a velocidades médias maiores, porém desenvolvem um menor esforço de tração. A jornada de trabalho dos animais varia de 6 a 8 horas para os serviços que exigem esforço compatível com o peso vivo e com a alimentação fornecida, sob condições severas, reduz-se para cerca de 3 a 4 horas. Segundo CHANG (1983), a máxima tração está em torno da metade do peso do animal, mas condicionado a períodos curtos de trabalho; para esforços momentâneos de 1 a 2 segundos pode-se atingir um pico de magnitude igual a do peso do animal.

Os animais empregados para a tração de máquinas e implementos agrícolas devem possuir peso próximo a 500 Kg ou

mais, conforme CHANG (1983), sendo que o trabalho de aração requer uma força de tração entre 60 e 90 Kg com picos instantâneos de 120 a 150 Kg, dependendo das condições de trabalho.

A profundidade de trabalho é um dos fatores que influencia o esforço de tração, exigindo muitas vezes o atrelamento de animais, causando uma perda de eficiência energética em relação ao esforço de um animal. Entretanto, é um procedimento indispensável em certos casos, apesar de diminuir o esforço de tração individual, mas que produz força suficiente para realizar o trabalho. (REZENDE, 1985).

A velocidade média de trabalho do animal depende da sua raça e das condições de trabalho. Segundo SILVEIRA (1987), os bovinos desenvolvem uma velocidade média entre 0.6 e 0.8 m/s, burros e mulas entre 0.5 e 0.8 m/s e os cavalos em torno de 1 m/s. Em relação a quantidade normal de trabalho fornecida pelos animais de tração, esta pode ser expressa pelos valores médios de potência, sendo que a potência média aplicada durante o trabalho é de cerca de 6/10 da potência normal. De acordo com CHANG (1983), os cavalos desenvolvem uma potência média de 1 CV, os bovinos 0.75 CV, vacas 0.45 CV, mulas 0.70 CV, burros 0.35 CV e búfalos 0.93 CV.

O animal fornece uma tração apropriada, sob condições também apropriadas. Uma variação nas condições de trabalho faz com que a tração também se modifique (CHANG, 1983). Os parâmetros mais importantes são a velocidade e o número

de horas diárias de trabalho, associadas pela equação de Maschek, apresentada abaixo:

$$\frac{P}{p} + \frac{V}{v} + \frac{T}{t} = 3 \quad (1.2)$$

onde:

P = força de tração em condições recomendadas (kg)

V = velocidade em condições adequadas (m/s)

T = número de horas de trabalho diário (h/dia)

p, v e t são as condições impróprias de tração, velocidade e tempo, respectivamente.

## 2.2 DESEMPENHO DE SEMEADORAS DE PRECISÃO

### 2.2.1 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

Os erros na distribuição longitudinal de sementes na linha de semeadura são oriundos de dois tipos. O primeiro resultante da captura múltipla ou nula de sementes pelas células do elemento dosador; o segundo, resultante de variações na trajetória das sementes desde sua liberação do dosador até atingir o solo e pelo rolamento e ou saltitamento da semente após seu impacto com o solo (CHHINNAN et alli, 1975).

### 2.2.2 FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO DAS SEMEADORAS

O desempenho de sete semeadoras-adubadoras à tração animal mais comercializadas no Brasil foi objeto de estudo de CASÃO JR. et alli (1987). Este trabalho realizado em condições normais de campo revelou, entre outros aspectos, que as semeadoras não apresentaram uma distribuição longitudinal uniforme de sementes e adubo no perfil do solo. Além de serem excessivamente pesadas e terem seu centro de gravidade alto, dificultando as operações de manobras em solos com maior declividade; requerem, também, uma alta força de tração.

Uma das razões do baixo desempenho deve-se ao sistema dosador-distribuidor de sementes, geralmente constituído por discos metálicos que causam muitos danos mecânicos às sementes (MOREIRA et alli, 1978), além de não efetuarem uma dosagem precisa, isto é, realizam captura múltipla ou nula de sementes por célula.

AUTRY & SCHROEDER (1953) afirmaram que, selecionando-se uma razão adequada entre a velocidade de avanço da semeadora e a periférica do dosador, as variações na distribuição longitudinal de sementes serão mínimas, sendo recomendado pelos pesquisadores uma razão de 1:8,2; entretanto WILSON (1980) concluiu que a velocidade periférica dosador deve ser igual e de sentido contrário à de avanço da máquina para que a semente tenha, assim,

velocidade em relação ao solo igual a zero e atinja o solo no ponto desejado sem rolamento e ou saltitamento.

Em concordância com WILSON (1980), DELAFOSSE (1986) comenta que a semente alojada na célula dosadora é liberada da mesma com uma velocidade igual ao do dosador, sendo que esta velocidade pode somar-se à velocidade de avanço da máquina ou subtrair-se da mesma, segundo o sentido de movimento do dosador. No caso destes movimentos serem opostos, estas forças, teoricamente, tendem a anular-se.

As velocidades de trabalho das semeadoras, geralmente, são maiores que 0.7 m/s e os dosadores trabalhando nesta faixa de velocidade apresentam um grande número de capturas nulas de sementes pelas células dos discos dosadores, isto é, a precisão de dosagem é afetada pela velocidade periférica do dosador (BAINER, 1947; AUTRY & SCHROEDER, 1953; WANJURA & HUDSPETH, 1968).

BARMINGTON (1948) investigando, também, a precisão de dosagem em dosadores verticais e horizontais, concluiu que as velocidades altas dos dosadores produziram um grande número de células vazias. FUTRAL & ALLEN (1951) chegaram a mesma conclusão em estudos com semeadoras de disco inclinado, enquanto que nas de disco horizontal verificaram que a pressão do mecanismo ejedor tinha de ser aumentada para vencer a inércia, o que acabava danificando as sementes. Nas velocidades mais baixas BARMINGTON (1948) verificou a ocorrência de um grande número de capturas múltiplas de sementes.

BAINER (1947), empregando sementes de beterraba-açucareira classificadas quanto à dimensão, obteve um índice de 100% de enchimento das células dosadoras em um disco dosador vertical com uma velocidade periférica de 0.17 m/s; enquanto que AUTRY & SCHROEDER (1953) obtiveram este mesmo índice com velocidades periféricas inferiores à 0.18 m/s e WANJURA & HUDSPETH (1968) com velocidades inferiores à 0.12 m/s. Já, DELAFOSSE (1986) recomenda para determinadas espécies de sementes e tipos de dosadores o uso de velocidades periféricas máximas entre 0.29 e 0.315 m/s para se ter uma boa precisão de dosagem.

ROTH & PORTERFIELD (1960) relatam que o processo de enchimento das células dosadoras é afetado, também, pela tolerância dada às dimensões das mesmas, pois em experimentos realizados verificaram que à medida que aumentava-se a tolerância das células, aumentava-se o valor da velocidade periférica do dosador na qual tinha-se 100% de enchimento das células. Os pesquisadores obtiveram um índice de 100 % de enchimento das células dosadoras nas velocidades periféricas do dosador de até 0,65 m/s com o emprego de uma tolerância de célula dosadora 40 % maior que o diâmetro das esferas metálicas usadas no experimento. Observaram que a precisão de dosagem foi menos afetada pelo aumento na tolerância das dimensões das células do que pela troca de velocidades.

KEPNER et alli (1978) afirmaram que a distância de exposição das células dosadoras em relação às sementes é um

fator que, também, deve ser considerado no processo de enchimento das células dosadoras em conjunto com a velocidade do dosador. Os pesquisadores concluíram que as velocidades periféricas baixas são mais efetivas do que uma grande distância de exposição para um bom preenchimento das células.

De acordo com KHAN e McCOLLY (1971) a velocidade resultante da semente ( $V_{sr}$ ) ao preencher uma célula de um disco dosador horizontal é composta pela velocidade da aceleração da gravidade ( $V_{sv}$ ), pela velocidade de atrito entre a semente e o disco ( $V_{sh}$ ) e pela velocidade de impacto da semente com as paredes ou bordas das células ( $V_{si}$ ). Assim,  $V_{sr} = V_{sv} + V_{sh} + V_{si}$ . A velocidade relativa semente-célula ( $V_{s/c}$ ) é o vetor soma da velocidade resultante da semente ( $V_{sr}$ ) e a velocidade da célula ( $V_c$ ). Assim,  $V_{s/c} = V_{sr} + V_c$ . A velocidade relativa semente-célula pode ser decomposta em componentes vertical ( $V_{s/c,v}$ ) e horizontal ( $V_{s/c,h}$ ), sendo que o preenchimento ideal das células, ocorre quando a componente vertical é máxima, pois a mesma está na direção do movimento da semente no momento do preenchimento da célula.

DELAFOSSÉ (1986) afirma que, em quase todos os sistemas de semeaduras conhecidos a qualidade da semeadura diminui quando se aumenta a velocidade de trabalho. Isto é devido a diversas razões de origem físico-mecânicas como as características dos sistemas dosadores, sulcadores e grau de preparação do terreno, entre outros. O pesquisador realizou

ensaios com uma semeadora mecânica para soja nas velocidades de 5, 7 e 9 km/h e obteve para a distribuição longitudinal de sementes os desvios-padrão de 17,22; 25,51 e 32,23, respectivamente, confirmando sua afirmação.

CHHINNAN et alli (1975), MOREIRA et alli (1978) e COSTA et alli (1984) em estudos com semeadoras mecânicas de precisão concluíram como DELAFOSSE (1986), que a velocidade de avanço das máquinas foi uma das causas de imprecisão de dosagem, sendo verificado por COSTA et alli (1984) uma distribuição longitudinal com coeficientes de variação excessivamente altos chegando a 80%, bem como uma taxa de descarga de tendências declinantes com reduções de até 10%, quando aumentava-se a velocidade de deslocamento das semeadoras. Diferindo destes, BUTTIERRES (1980), concluiu que a menor velocidade de avanço empregada, igual a 3,39 Km/h, forneceu a menor uniformidade de distribuição longitudinal de sementes no estudo com três semeadoras de precisão para soja.

O uso de sementes classificadas quanto à dimensão beneficia uma boa precisão de dosagem e uma uniforme distribuição longitudinal de sementes (BARMINGTON, 1948; BAINER, 1947; AUTRY & SCHROEDER, 1953; KEPNER et alli, 1978). Em estudos com uma semeadora de disco inclinado para amendoim, CHHINNAN et alli (1975), verificaram que o uso de sementes de tamanho pequeno resultou em um grande número de dosagens múltiplas de sementes pelas células dosadoras.



prejudicando a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

Em relação às dimensões ideais das células dosadoras, BAINER (1947) e AUTRY & SCHROEDER (1953) empregando sementes de beterraba-açucareira concluíram em seus estudos que, o diâmetro das células sendo 1/64" maior que a máxima dimensão de semente empregada produz uma boa precisão de dosagem, sendo a espessura dependente da semente empregada. Diferindo destes, KEPNER et alli (1978) afirmou que o diâmetro das células dosadoras deve ser 10% maior que a máxima dimensão de semente empregada e a espessura igual ao diâmetro médio ou espessura média da semente.

BARMINGTON (1948), WANJURA & HUDSPETH (1968) e CHHINNAN et alli (1975) verificaram, em seus estudos, que a desuniformidade das células dosadoras devido à problemas de manufatura foi, também, uma das fontes de imprecisão na dosagem de sementes.

O efeito do nível de sementes no reservatório sobre a precisão de dosagem foi objeto de estudo de vários pesquisadores, entre os quais CHHINNAN et alli (1975), que obteve um aumento no número de capturas múltiplas de sementes pelas células com a diminuição do nível de sementes no reservatório, diferindo deste DELAFOSSE (1986) obteve uma maior uniformidade de distribuição longitudinal de sementes com nível de sementes médios e baixos para sementes de milho e soja; bem como BUTTIERRES (1980) que, em estudos com semeadoras de precisão para soja, verificou que

à medida que diminuía o nível de sementes no reservatório aumentava-se a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Por outro lado MOREIRA et alli (1978) afirmaram que o nível de sementes não influenciou significativamente na precisão de dosagem e na uniformidade de distribuição longitudinal de sementes de amendoim em semeadoras de discos horizontais.

KEPNER et alli (1978) comentam que o transporte das sementes desde o ponto de liberação do dosador até o sulco de semeadura deve ser de maneira que as distâncias entre sementes efetuadas pelo mecanismo dosador sejam mantidas. Entretanto as semeadoras geralmente são dotadas de tubos condutores para realizarem o transporte das mesmas, sendo que a interação semente-tubo condutor acaba afetando a uniformidade de distribuição longitudinal por originar muitas variações na trajetória de queda das sementes (BAINER, 1947; CHHINNAN et alli, 1975).

BRAUNBECK (1973) estudando a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes apresentada por uma semeadora pneumática, verificou que a variância do tempo de queda das sementes no tubo distribuidor era uma função quase linear do comprimento do mesmo. Observou que o aumento de 1 para 2 metros no comprimento do tubo condutor ocasionou um aumento de 66 % na variância do tempo de queda das sementes.

FUTRAL & ALLEN (1951) verificaram que as sementes ao entrarem em contato com o tubo condutor tomavam um movimento espiral desordenado que alterava o tempo de queda

das mesmas. Porém, outros pesquisadores comentam que obtiveram uma boa uniformidade de distribuição longitudinal de sementes com o uso de tubos condutores. BAINER (1947) obteve uma distribuição mais uniforme com o uso de tubos curtos e lisos ao invés de tubos grandes e rugosos. AUTRY & SCHROEDER (1953) e WANJURA & HUDSPETH (1968) afirmaram que obtiveram uma uniforme distribuição longitudinal de sementes com o uso de tubo condutor; os primeiros pesquisadores empregaram um tubo que transportava a semente em sua trajetória normal de queda, ou seja, em uma trajetória semelhante a uma parábola, a uma altura do sulco de semeadura inferior à 457,2 mm e os segundos empregaram um tubo liso de diâmetro 19 mm, comprimento de 300 mm e com inclinação de 30° para trás.

O deslocamento da semente ao atingir o solo, a velocidade e o ângulo de impacto são outros fatores importantes que devem ser considerados em uma distribuição longitudinal de sementes (WILSON, 1980). AUTRY & SCHROEDER (1953) afirmaram que o deslocamento da semente após o impacto com o solo está relacionado com a energia cinética da semente, que é dependente da altura de queda da mesma. Segundo os autores o efeito de deslocamento pode ser reduzido localizando o mecanismo dosador a uma altura inferior a 457 mm do solo.

BUFTON et alii (1974) verificaram que os menores deslocamentos deram-se no intervalo de ângulo de impacto entre 75 e 85 graus, para as cinco espécies de sementes

empregadas (cenoura, repolho, alface, beterraba-açucareira peletizada e não peletizada). As sementes maiores e de formato irregular apresentaram um deslocamento inferior que as sementes menores e de formato regular. Os resultados do experimento mostraram que para se ter um deslocamento mínimo a velocidade de impacto deve ser a menor possível, especialmente se o ângulo de impacto for menor que 75 graus. Segundo WILSON (1980), para se ter um ângulo de impacto ideal entre 80 e 90° e uma mínima velocidade de impacto para uma dada altura de queda das sementes, a velocidade periférica do dosador deve ser igual e de sentido oposto à velocidade de avanço da semeadora. Afirmou, também, que tendo-se a menor altura de queda de semente possível, ter-se-á uma mínima velocidade de impacto, favorecendo uma uniforme distribuição longitudinal de sementes.

### 2.3 DANOS MECÂNICOS ÀS SEMENTES CAUSADOS POR SEMEADORAS

BARMINGTON (1948) estudando o efeito da velocidade periférica de discos dosadores horizontais e verticais sobre o índice de danos mecânicos às sementes, verificou que os mesmos eram mínimos nas velocidades onde tinha-se 100% de enchimento das células, enquanto que nas velocidades maiores ou menores os danos eram maiores.

GRECO et alli (1968) realizaram experimentos com uma semeadora visando determinar a queda do poder germinativo de sementes causada pela mesma. A máquina foi colocada sobre

cavaletes e acionada manualmente por meio de uma manivela adaptada à roda, mantendo-se uma velocidade angular da roda igual a 65 rpm, equivalente a uma velocidade de avanço da máquina de 6,5 km/h. Os resultados dos testes mostraram uma queda no poder germinativo igual a 8,5% para as sementes de amendoim, 7,5% para arroz, 2,1% para milho e 0,9% para soja, não sendo verificada nenhuma queda no poder germinativo das sementes de algodão.

MOREIRA et alli (1978) estudaram, também, os danos mecânicos de sementes provocados por semeadoras de discos horizontais. Foram utilizadas nos testes sementes de amendoim e concluíram que com o aumento da velocidade de avanço das máquinas aumentava-se o índice de danos mecânicos às sementes. Verificaram que o ponto principal de cisalhamento das sementes ocorria na interface base do depósito de sementes e lado inferior do disco dosador, pois a semente era cisalhada ao ficar presa entre a borda do orifício da base e o orifício do disco, devido à insuficiência de tempo para a saída da mesma.

Posteriormente, RAZERA (1979), chegou às mesmas conclusões, afirmando que a velocidade de avanço das semeadoras foi a principal causa de danos mecânicos às sementes, sendo que as três semeadoras estudadas não diferiram entre si quanto à intensidade de danos mecânicos. Entretanto, BUTTIERRES (1980), concluiu que não foi observado efeito estatisticamente significativo da velocidade de avanço das semeadoras estudadas sobre o poder

germinativo das sementes de soja empregadas para os testes. O pesquisador verificou também a ocorrência de uma redução no poder germinativo das sementes com o nível de sementes no reservatório cheio.

## 2.4 MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO

### 2.4.1 CLASSIFICAÇÃO

Os mecanismos dosadores de precisão têm como função dosar sementes individuais e conduzi-las a uma abertura de saída para liberação das mesmas. Segundo BALASTREIRE (1987), os mecanismos dosadores de precisão podem ser classificados em:

- \_ Discos Perfurados: estes mecanismos são constituídos por um disco, o qual possui furos localizados concentricamente ou nas bordas do mesmo que possuem a função de dosar as sementes. Dependendo do projeto da semeadora estes discos podem ser verticais, inclinados ou horizontais.

- \_ Correias Perfuradas: neste mecanismo as sementes são dosadas através de furos projetados para cada dimensão de semente empregada, dispostos linearmente em correias de largura e espessura adequadas. Este mecanismo se adapta bem para a dosagem de sementes sensíveis a danos mecânicos.

- \_ Dedos Prensos: o dedo prensor se constitui de uma pequena chapa curva, pivotada, que se fecha sobre cada semente sob a ação de molas, os quais são dispostos

concentricamente em um disco vertical de forma que cada dedo prende somente uma semente ao mergulhar na massa de sementes. O dedo prensor é recomendado para sementes graúdas.

- Pneumáticos: os dosadores pneumáticos utilizam o vácuo ou a pressão como princípio de separação e preensão da semente até a abertura de saída. Estes mecanismos são constituídos de um disco vertical que contém uma ou mais fileiras de furos, onde as sementes são presas. Os dosadores pneumáticos possuem como vantagens a boa precisão de dosagem e o baixíssimo índice de danos mecânicos às sementes.

#### 2.4.2 TIPOS DE MECANISMOS DOSADORES DESENVOLVIDOS

Uma semeadora de precisão para amendoim foi desenvolvida por FUTRAL & ALLEN (1951), cujo mecanismo dosador era do tipo correia com orifícios. A correia passava inclinada através do depósito de sementes, capturando as sementes para o interior de seus orifícios e liberando-as, posteriormente, quase dentro do sulco de semeadura. Testes com o protótipo foram realizados verificando-se que o espaçamento desejado de 75 mm foi obtido a uma velocidade de até 16 km/h. Outros testes foram realizados a velocidades maiores e nenhuma diferença significativa foi registrada na distribuição longitudinal entre sementes. Os testes de danos mecânicos às sementes revelaram serem os mesmos menores que 1 %.

CHANG (1965) desenvolveu um mecanismo dosador para soja do tipo rotor vertical, o qual possuía duas carreiras de 18 células cada. As sementes preenchiam as células do rotor, quando o mesmo passava no interior do reservatório de sementes. Um dispositivo de borracha rotatório foi utilizado como eliminador do excesso de sementes das células. Testes mostraram que o uso do eliminador rotatório ao invés de um estacionário controlou o efeito de cisalhamento e o acúmulo de sementes no eliminador. Os menores coeficientes de variação da distribuição longitudinal de sementes foram obtidos para a faixa de velocidade periférica do dosador entre 0,025 e 0,25 m/s, com uma velocidade periférica do eliminador de sementes três vezes maior que a do dosador e com o nível de sementes no reservatório de 140 mm.

GIANNINI et alli (1967) desenvolveram uma semeadora pneumática para sementes miúdas. O mecanismo dosador era constituído por um tambor rotativo dentro do qual era produzido um vácuo com o objetivo de prender as sementes em pequenos orifícios distribuídos em sua superfície externa. Testes com o protótipo, empregando sementes de alface, mostraram que houve uma redução de 90 % na quantidade média de sementes requerida, quando comparada com uma semeadora convencional; bem como a semeadora apresentou uma boa uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

Uma semeadora pneumática foi, também, desenvolvida por WANJURA & HUDSPETH (1970). O mecanismo dosador era constituído por um tambor ôco possuindo várias hastes



perfuradas em sua periferia, as quais eram responsáveis pela dosagem das sementes por meio do vácuo produzido no interior das mesmas através de uma bomba, sendo estas sementes posteriormente depositadas no sulco de semeadura pela interrupção do vácuo. Testes com a semeadora revelaram um coeficiente de variabilidade entre plantas igual a 25 %, enquanto que com uma semeadora convencional obteve-se um coeficiente de 80 %. Porém o projeto se tornou inviável devido ao fato do seu custo de fabricação ser muito alto.

Um mecanismo dosador de precisão centrífugo foi desenvolvido por KHAN & McCOLLY (1971). O mecanismo possuía dois anéis, sendo um interno de 16 células e outro externo com apenas uma célula, tendo este uma velocidade periférica de 16/15 da velocidade do anel interno. Uma semente do anel interno passava ao externo por intermédio de uma força centrífuga, quando as células dos anéis se alinhavam a cada revolução. Testes comparativos entre o protótipo e três semeadoras comerciais, utilizando sementes de milho e velocidades de avanço entre 4,1 e 11,3 km/h, mostraram uma relação inversa entre a velocidade e a precisão de dosagem para as três semeadoras comerciais, ocorrendo o inverso com o protótipo. A avaliação de danos mecânicos às sementes teve valor igual a 1 %.

PARISH (1971), também desenvolveu uma semeadora de precisão, porém para algodão. A máquina possuía um dosador de disco vertical, constituído de dentes tipo serra em seu perímetro, os quais suspendiam e alojavam uma semente ao

passarem pelo interior do reservatório de sementes. A semente era liberada em um tubo condutor com a ajuda de um ejedor, antes de chegar na posição superior do disco. Os resultados dos testes de laboratório revelaram uma distribuição longitudinal de sementes com desvio-padrão igual a 1,02 para a velocidade de avanço de 1,61 km/h e 3,24 para a velocidade de 3,2 km/h.

Posteriormente, JAFARI & FORNSTROM (1972) desenvolveram uma semeadora de precisão para beterraba-açucareira, tendo a mesma uma roda dianteira metálica com cones em sua periferia, os quais eram responsáveis pela execução de covas no solo para a deposição das sementes. O mecanismo dosador era um disco vertical, que dosava e distribuía uma única semente no interior de cada cova. A semente possuía velocidade relativa igual a zero, pois a velocidade periférica do dosador era igual à velocidade de avanço da semeadora. Testes de laboratório e de campo mostraram o bom desempenho da semeadora quanto à precisão de dosagem e uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, apresentando para este último os desvios-padrão de 0,056, 0,60 e 0,66 para as respectivas velocidades de avanço da semeadora de 4,83, 6,44 e 8,05 km/h.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

#### 3.1 INTRODUÇÃO

No capítulo anterior foi comentado que o desempenho das semeadoras mecânicas de precisão é afetado por diversos fatores inerentes ao projeto das mesmas. Dentre os fatores mais importantes pode-se citar o tipo de mecanismo dosador, a velocidade periférica do dosador, as dimensões das células dosadoras, a altura de queda da semente após sua liberação do dosador e o ponto de liberação das sementes do mecanismo dosador.

Assim, através de um estudo prévio destes fatores em função da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, disponibilidade de tração e velocidade de deslocamento, desenvolveu-se, no Departamento de Máquinas Agrícolas da Faculdade de Engenharia Agrícola, um mecanismo dosador de precisão para uma semeadora à tração animal.

#### 3.2 PRINCÍPIO DE DOSAGEM

No capítulo anterior foi apresentado diferentes tipos de mecanismos dosadores de precisão desenvolvidos e empregados no projeto de semeadoras, sendo que o dosador de correia e o pneumático são os que apresentam o menor índice de danos mecânicos às sementes e uma melhor precisão de dosagem;

sendo o pneumático mais eficiente que o de correia quanto à precisão de dosagem.

O mecanismo dosador pneumático exige valores altos e constantes de potência para o seu pleno funcionamento o que dificulta o seu emprego na tração animal, bem como o seu custo de fabricação seria incompatível com a economia dos pequenos produtores; optando-se, assim pelo desenvolvimento de um mecanismo dosador de correia.

Partiu-se, então, para um estudo do mecanismo dosador a ser desenvolvido, procurando que o mesmo fosse constituído por elementos simples, de baixo custo, de fácil reposição e tivesse um número reduzido de peças. O ponto de liberação das sementes deveria ter a velocidade periférica do dosador igual e de sentido oposto à de avanço da semeadora para permitir que a velocidade relativa da semente fosse igual a zero e o dosador fosse localizado o mais próximo possível do solo.

Através desse estudo, concluiu-se que o mecanismo dosador deveria ter uma correia dosadora de borracha com orifícios em sua extensão de dimensões adequadas à semente empregada, os quais fossem responsáveis pela dosagem singular de sementes. A correia trabalharia em um plano horizontal entre duas polias dispostas em um plano vertical, sendo uma delas responsável pelo acionamento da correia. O mecanismo seria dotado, também, de um eliminador do excesso de sementes das células dosadoras, localizado entre as duas polias. Todo este conjunto de elementos seria montado no

interior de uma estrutura delgada e fechada, sendo que uma de suas laterais deveria ser removível para possibilitar a troca de correia. A correia dosadora seria alimentada de sementes em sua parte inferior através de um orifício localizado em uma das laterais da estrutura, o qual seria responsável, também, de limitar o nível de sementes no interior do mecanismo.

### 3.3 DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO DO MECANISMO DOSADOR

Um primeiro protótipo do mecanismo dosador foi desenvolvido tendo como objetivo principal verificar a viabilidade prática do uso do princípio de correia como dosador de sementes de precisão. Empregou-se uma correia de borracha com espessura de 5 mm, contendo orifícios em sua extensão, denominadas por células dosadoras, responsáveis pela dosagem singular de sementes. O dimensionamento das células dosadoras foi feito a partir da determinação das dimensões de uma amostra de 200 sementes de milho peneira 24 e ,posteriormente, seguindo a sugestão de KEPNER et alli (1978), a qual diz que o diâmetro mais adequado de célula dosadora é aquele cujo valor é 10 % maior que a máxima dimensão de semente empregada e a espessura igual ao diâmetro médio ou espessura média de semente. A correia trabalhava entre duas polias de plástico de diâmetro 115 mm,

localizadas no interior de uma estrutura de madeira delgada e fechada, cujas as dimensões eram iguais à 560 x 185 x 90 mm. As polias foram montadas sob pressão em eixos de aço 1030 dimensionados com diâmetro igual a 3/4", sendo empregado este material devido o mesmo estar disponível naquela fase de montagem do mecanismo. Foram dimensionados dois mancais de atritos de nylon para cada eixo da polia, cuja função era o apoio do mesmo; os quais foram montados em cada uma das laterais da estrutura, optando-se pelo o emprego deste tipo de mancal devido ao fato do custo do mesmo ser menor. Foram utilizados dois esticadores em aço 1020 para ajustes da tensão da correia, os quais foram montados nos mancais do eixo da polia anterior. Uma das laterais era removível, presa por parafusos, para possibilitar a fácil troca da correia. A parte central da lateral foi vazada para colocar uma placa de acrílico de 200 x 150 mm que permitia a visualização do processo de dosagem. O acionamento do mecanismo dosador era realizado por meio de uma manivela, adaptada ao eixo da polia posterior do mecanismo.

A correia era alimentada de sementes através de um orifício localizado na parte lateral da estrutura o qual permitia controlar o nível de sementes em seu interior. Para evitar o excesso de sementes, ie, o alojamento de mais de uma semente por célula, foi utilizado um anteparo de madeira contendo uma tira de borracha em sua extremidade inferior,

posicionado no ponto anterior ao de liberação da semente à uma altura de 1 mm da correia dosadora.

A semente era liberada entre o anteparo e a polia acionadora na parte inferior-posterior do mecanismo dosador por meio da força gravitacional, optando-se em não empregar ejetor de sementes para evitar danos mecânicos. Entretanto verificou-se que algumas sementes não eram liberadas das células dosadoras; sendo necessário uma modificação no desenho da célula dosadora. O novo formato com diferentes diâmetros de entrada e saída solucionou o problema observado. A Figura 3.1 mostra uma vista interna do protótipo I do mecanismo dosador e a Figura 3.2 mostra uma vista externa do mesmo.

No ponto escolhido para liberação da semente do mecanismo dosador, podia-se ter a velocidade periférica da correia dosadora em sentido oposto à de avanço da semeadora permitindo assim, uma anulação destes dois vetores quando seus módulos fossem iguais resultando em uma velocidade relativa da semente igual a zero.

O anteparo de madeira, por ser estático, não efetuou um trabalho adequado de eliminação do excesso de sementes das células dosadoras; permitindo a ocorrência de um acúmulo de sementes naquele ponto e a entrada de sementes por entre a abertura do anteparo e a correia dosadora ocasionando o travamento do mecanismo. O anteparo foi substituído por uma escova cilíndrica giratória de cerdas flexíveis a qual era movida por meio de uma redução de engrenagens e uma

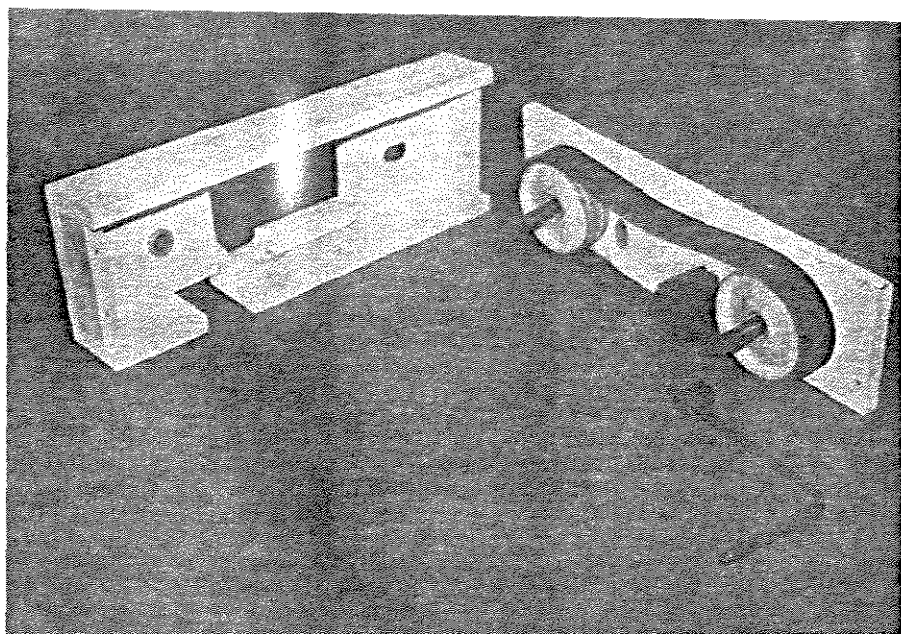


FIGURA 3.1 PROTÓTIPO I - VISTA INTERNA DO MECANISMO DOSADOR

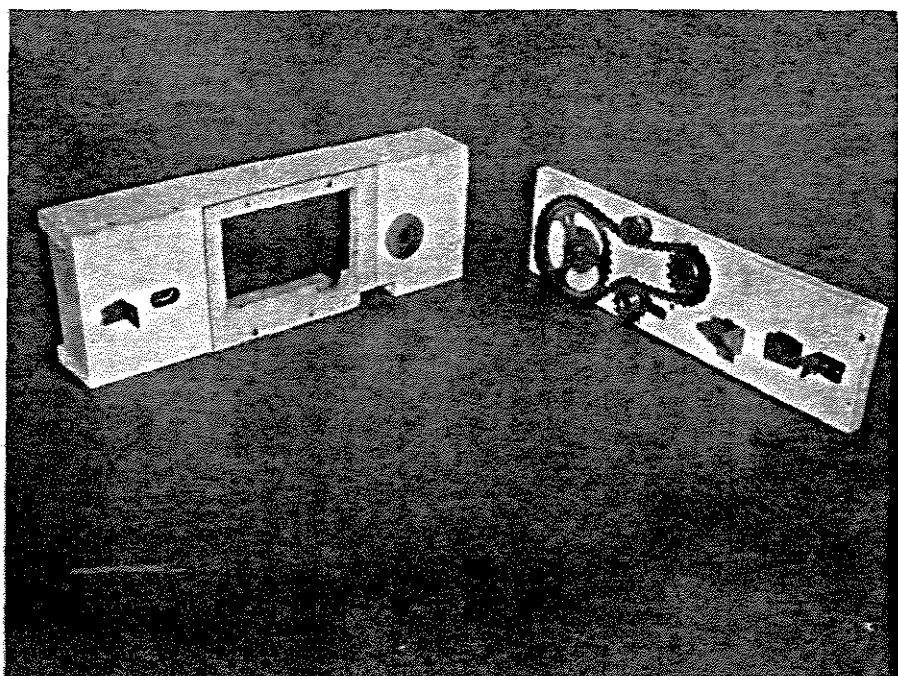


FIGURA 3.2 - PROTÓTIPO I - VISTA EXTERNA DO MECANISMO DOSADOR



corrente, dimensionada para se ter a velocidade periférica da escova três vezes maior que a da correia dosadora, bem como para inverter o seu sentido de rotação.

Após à realização das modificações necessárias, o mecanismo apresentou um funcionamento adequado, bem como a realização de um bom trabalho de dosagem individual de sementes; aprovando-se o princípio de correia como um dosador de precisão. Assim, verificando-se a viabilidade prática do uso do princípio de correia como um dosador de precisão, determinou-se o desenvolvimento de um segundo protótipo do mecanismo dosador feito, porém, em chapa de aço.

#### 3.4 DESENVOLVIMENTO DO SEGUNDO PROTÓTIPO DO MECANISMO DOSADOR

A estrutura do mecanismo foi construída em chapa de aço nº 16 de espessura 1,52 mm, cujas as dimensões finais eram 510 x 150 x 50 mm, dimensionada para suportar os esforços exigidos. Para a montagem do mecanismo empregou-se todos os elementos constituintes do primeiro protótipo.

O mecanismo dosador foi adaptado à estrutura de uma semeadora marca "Marchesan", retirando-se o seu sistema dosador de sementes e aumentando-se o seu comprimento em 150 mm. O dosador foi instalado acima do sulcador tipo facão a uma distância do solo de 85 mm para evitar o uso de tubo condutor e favorecer, assim, uma distribuição longitudinal

de sementes mais uniforme; além de permitir uma diminuição na altura do centro de gravidade da semeadora. Uma mangueira plástica de diâmetro 50 mm interligava o reservatório de sementes ao mecanismo dosador. O fundo inclinado do reservatório de sementes favorecia o escoamento das sementes. No ponto de encaixe da mangueira com o fundo do reservatório foi adaptado um estrangulador em chapa galvanizada de espessura 0.8 mm para possibilitar a regulação da vazão das sementes para o mecanismo dosador.

O dosador era acionado pela roda dianteira da semeadora por meio de um par de engrenagem de ferro fundido e uma corrente agrícola que transmitia movimento a um eixo intermediário e este através de outro par de engrenagem de bicicleta e uma corrente transmitia movimento ao eixo da polia acionadora do mecanismo, ou seja, o eixo posterior do mecanismo. Este eixo era responsável pelo acionamento da escova eliminadora do excesso de sementes por meio de uma educação de engrenagens e de uma corrente, a qual foi imensionada para se ter a sua velocidade três vezes maior que a da correia dosadora e inverter o seu sentido de rotação como no primeiro protótipo desenvolvido.

A Figura 3.3 mostra uma vista externa do protótipo II do mecanismo dosador e a Figura 3.4 mostra uma vista lateral do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora.

A estrutura da semeadora empregada dispunha de um sistema de embreagem localizada no eixo da roda dianteira,

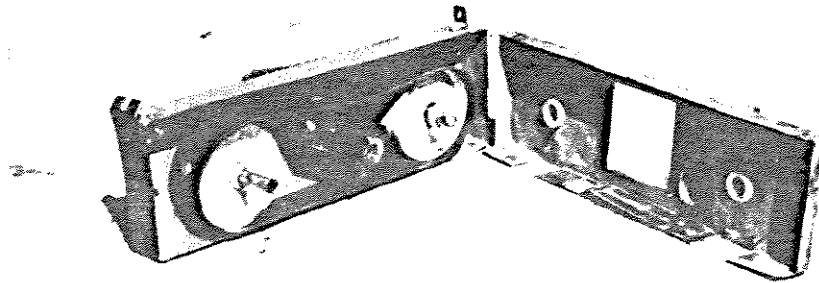


FIGURA 3.3 PROTÓTIPO II - VISTA INTERNA DO MECANISMO DOSADOR

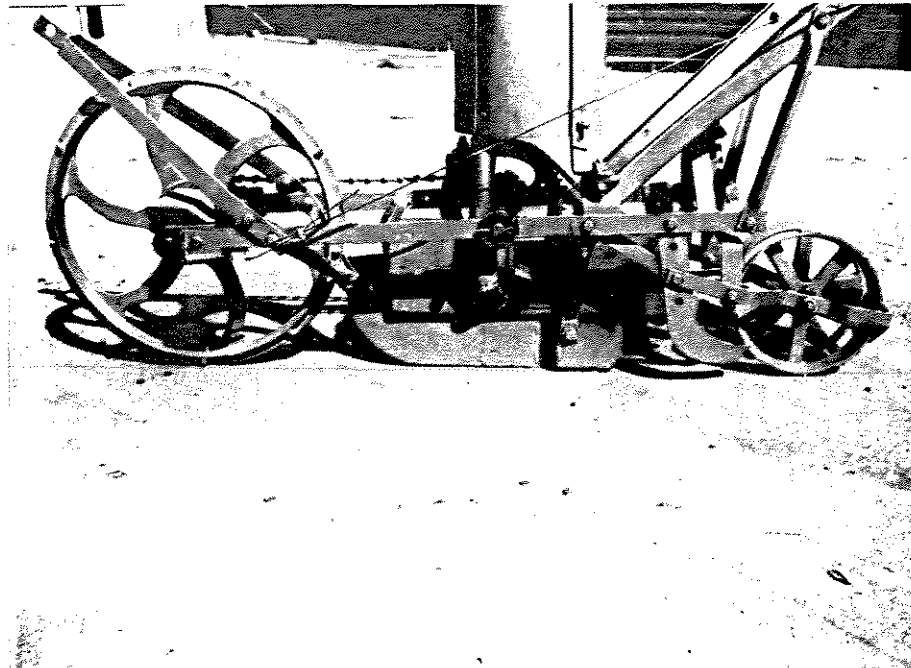


FIGURA 3.4 PROTÓTIPO II - VISTA LATERAL DO MECANISMO DOSADOR ADAPTADO À ESTRUTURA DA SEMEADORA

composta de um acoplamento dentado, cabo de embreagem e uma alavanca localizada na rabiça esquerda que, ao ser acionada, interrompia a distribuição de sementes durante as operações de manobra ou de transporte da semeadora.

Testes com a semeadora adaptada, com a finalidade de se verificar a funcionabilidade da mesma, foram realizados no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola, em solo Latossolo Roxo, com cerca de 50 % de argila no horizonte superficial e com relevo de 10 % de declividade. Nos primeiros testes empregou-se uma relação de transmissão de 1:5 para permitir que a velocidade periférica da correia fosse igual à de avanço da semeadora, tendo assim, velocidade relativa da semente igual a zero. Esta relação de transmissão foi calculada a partir dos diâmetros da roda acionadora da semeadora e da polia acionadora da correia, os quais eram iguais a 510 e 115 mm, respectivamente; bem como considerando um patinamento da roda acionadora da semeadora igual a 14 % (PROVENZA, 1984). Este valor do patinamento havia sido determinado por CASÃO JR. et alii (1987) em testes de campo com esta semeadora empregada para adaptação do mecanismo dosador. A relação de transmissão empregada exigiu um torque igual à 5 Kgm, ocasionando um patinamento da roda dianteira da máquina igual à 30 %. Verificou-se um grande número de capturas nulas de sementes pelas células dosadoras. Isto ocorria devido ao fato da velocidade periférica da correia dosadora ser superior a 0,7 m/s.

Empregando-se, então, uma relação de transmissão de 1:2 o patinamento diminuiu para 12 % e a velocidade da correia ficou entre 0,3 e 0,5 m/s melhorando assim a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Constatou-se através destes ensaios iniciais, a necessidade de se realizar testes de laboratórios visando determinar a velocidade periférica ótima de trabalho da correia dosadora.

Durante estes ensaios verificou-se, também, a ocorrência do desengrenamento da corrente que transmitia movimento do eixo intermediário ao eixo da polia acionadora, devido a entrada de restos culturais por entre a corrente e as engrenagens, as quais se situavam muito próximas do solo.

O mecanismo dosador apresentou também alguns problemas de funcionamento, como a passagem de sementes por cima da escova eliminadora do excesso de sementes, bem como por entre a escova e a correia dosadora; as quais alojavam-se, posteriormente, entre a correia e a polia ocasionando o travamento do mecanismo. Observou-se, além disso, o deslizamento das polias em torno de seus respectivos eixos devido à perda de pressão de encaixe, ocasionando a interrupção de movimento da correia dosadora. A chapa de aço dimensionada para a confecção da estrutura do mecanismo dosador mostrou ter pouca resistência aos esforços exigidos.

Para a correção das falhas apontadas neste protótipo, optou-se pela construção de um terceiro modelo do mecanismo dosador de sementes.

### 3.5 DESENVOLVIMENTO DO TERCEIRO PROTÓTIPO DO MECANISMO DOSADOR

Para o desenvolvimento do terceiro protótipo do mecanismo dosador empregou-se chapa de aço nº 12 de espessura 2.66 mm, visando obter maior resistência aos esforços exigidos. Ao invés de polias de plástico foram confeccionadas polias em alumínio visando conciliar maior resistência com menor peso.

Para reduzir o patinamento da roda acionadora da semeadora, seria necessário reduzir o torque exigido na mesma. Isto foi possível aumentando-se o diâmetro da polia acionadora da correia para 175 mm e reduzindo o diâmetro da da acionada para 80 mm, diminuindo com isto a relação de transmissão.

As polias foram montadas em eixos de aço 1020 com diâmetros de 22,23 e 12,5 mm, calculados para suportarem aos esforços de flexo-torção, contendo cada eixo duas chavetas de 6x6x38 mm para evitar o deslizamento das polias ocorrido no protótipo anterior, sendo as chavetas dimensionadas para suportarem aos esforços de cisalhamento (SHIGLEY, 1984). Os mancais de nylon foram substituídos por mancais de bronze visando obter maior durabilidade, pois foi verificado um grande desgaste dos mancais de nylon empregados no segundo protótipo. A furação da correia foi

realizada com duas linhas de centro para manter a máxima área de resistência da correia (Fig. 3.5).

A escova eliminadora do excesso de sementes foi posicionada de forma que ficasse pressionada levemente pela correia dosadora para evitar a passagem de sementes neste ponto. Uma chapa galvanizada de espessura 0.8 mm foi colocada no ponto superior da escova para evitar a passagem de sementes por cima da mesma.

A polia maior foi montada na parte anterior da estrutura e recebia movimento direto da roda dianteira da semeadora por meio de um par de engrenagens de ferro fundido e de uma corrente agrícola. Esta modificação permitiu a eliminação do eixo intermediário, do par de engrenagens e da corrente de bicicleta empregadas no segundo protótipo; resolvendo assim o problema de interrupção de movimento do eixo intermediário à polia acionadora do mecanismo dosador originado pelo desengrenamento da corrente devido à entrada de restos culturais, observados nos testes com o protótipo anterior.

A Figura 3.5 mostra uma vista interna do protótipo III do mecanismo dosador e a Figura 3.6 mostra uma vista lateral do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora.

As dimensões finais do mecanismo dosador eram 570x200x50 mm, tendo sido necessário aumentar o comprimento da estrutura da semeadora em mais 70 mm para possibilitar o encaixe do mecanismo acima do sulcador. O sistema de montagem e funcionamento restante permaneceu igual ao do

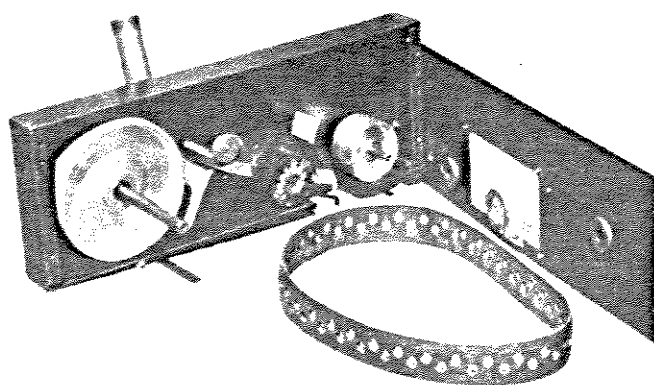


FIGURA 3.5 PROTÓTIPO III - VISTA INTERNA DO MECANISMO DOSADOR

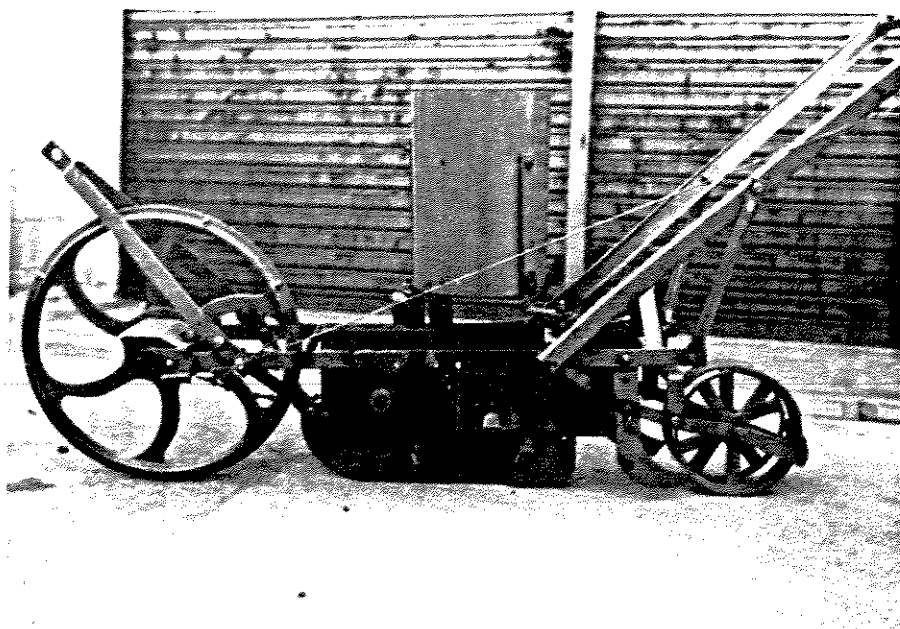


FIGURA 3.6 PROTÓTIPO III - VISTA LATERAL DO MECANISMO DOSADOR ADAPTADO À ESTRUTURA DA SEMEDORA



segundo protótipo. Testes com o terceiro protótipo do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora mostraram que o implemento teve um bom funcionamento possibilitando, assim, a realização de ensaios de laboratórios visando avaliar o seu desempenho operacional.

## 4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO COM A SEMEADORA

### 4.1 INTRODUÇÃO

A metodologia empregada para a realização dos ensaios seguiu o Projeto de Norma da ABNT 12:0206-004 para Ensaio de Semeadoras de Precisão em Laboratório. Optou-se pelo Projeto de Norma, pois o mesmo já está sendo utilizado pelas Instituições de Pesquisa, as quais são responsáveis pela avaliação do desempenho de semeadoras fabricadas pela indústria brasileira, bem como pela homologação das mesmas junto ao Ministério da Indústria e do Comércio.

Durante a execução dos ensaios a altura do ponto de liberação das sementes do dosador em relação à fita coletora foi de 105 mm, sendo este valor 20 mm superior à altura em relação à base do sulcador. Esta diferença foi necessária para permitir o livre deslocamento da fita por debaixo do sulcador.

### 4.2 PRODUTO

Foram empregadas para os testes sementes de soja cultivar IAC-9 peneira 13, produzidas no ano agrícola de 87/88; tomando-se ao acaso uma saca de 60 kg em lotes de sementes beneficiadas e certificadas. As sementes foram classificadas quanto à peneira em uma máquina classificadora

do laboratório de Matérias Primas da Faculdade de Engenharia Agrícola.

Os testes para determinação do poder germinativo das sementes foram efetuados no Laboratório de Sementes da Faculdade de Engenharia Agrícola, cujos resultados apresentaram um P.G médio de 80%.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO DAS CÉLULAS DOSADORAS

Com o objetivo de se obter parâmetros para o dimensionamento das células dosadoras, determinou-se o diâmetro de uma amostra de 500 sementes, empregando-se um paquímetro da marca Mitutoyo.

Tendo-se caracterizado a amostra de sementes, fez-se a determinação do diâmetro das células dosadoras, conforme descrito no capítulo anterior.

#### 4.4 BANCO DE ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

Testes de laboratório com a semeadora foram realizados no banco de ensaios para distribuição longitudinal de sementes do Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA) localizado em Iperó -SP.

O banco de ensaios consta, essencialmente, de uma estrutura móvel para montagem e fixação das unidades de semeadura, bem como de uma estrutura suporte para a unidade

de acionamento e comando de velocidade. A Figura 4.1 mostra um aspecto do banco de ensaios utilizado no experimento.

#### 4.4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO BANCO DE ENSAIOS

O princípio de funcionamento é uma inversão da prática onde a semeadora se desloca no solo. A máquina permanece fixa no banco de ensaios e o deslocamento é simulado pela fita coletora, que em velocidade constante desloca-se por baixo da semeadora. O mecanismo dosador é acionado por um motor elétrico controlado por um variador de velocidades, enquanto a fita é acionada pelo mesmo motor que é ligado por correntes à uma caixa de câmbio. Os ajustes de velocidade de deslocamento e velocidade periférica do dosador são feitos independentemente. Para o mecanismo dosador pode-se obter uma faixa de velocidades que varia entre 15 e 171 rpm, enquanto que para a fita coletora consegue-se obter apenas alguns valores fixos de velocidades, iguais a 2,7; 3,5; 4,0; 5,3; 6,2; 6,5; 8,3; 8,7; 9,5; 9,8; 12,6; 13,1; 15,2; 20,3 e 22,3 Km/h.

O mecanismo dosador é acionado antes da fita, para que o mesmo atinja um regime de trabalho constante, antes da fita começar seu movimento. No momento em que a fita começa a se deslocar sobre a calha uma fina camada de óleo é pulverizada sobre a mesma para evitar que a semente repique e ou se desloque rolando da posição onde caiu; permitindo, assim, uma medição perfeita dos espaçamentos entre sementes.

A Figura 4.2 mostra uma distribuição longitudinal de sementes sobre a fita coletora. Do comprimento total de 15 metros da fita coletora, tomou-se os 10 metros centrais para se realizar a determinação da distribuição das sementes. Foram medidas as distâncias entre sementes adjacentes, com o auxílio de uma régua com precisão de 1 mm, a qual se deslocava sob a calha guia da fita coletora.

Para cada ensaio foram realizadas três repetições, sendo que para cada uma foram coletados 250 registros de espaçamentos entre sementes.

#### 4.5 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

##### 4.5.1 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE PERIFÉRICA DO DOSADOR

Esta primeira avaliação foi realizada visando determinar a velocidade periférica do dosador, a qual fornecesse a distribuição longitudinal de sementes mais uniforme. Foram realizados seis ensaios, cada qual correspondendo a um valor de velocidade do mecanismo dosador. Em todos os ensaios empregou-se a mesma correia dosadora de 71 células dosadoras, bem como a mesma velocidade para a fita coletora de sementes de 0,75 m/s. Assim, em cada ensaio obteve-se um diferente espaçamento teórico entre sementes.

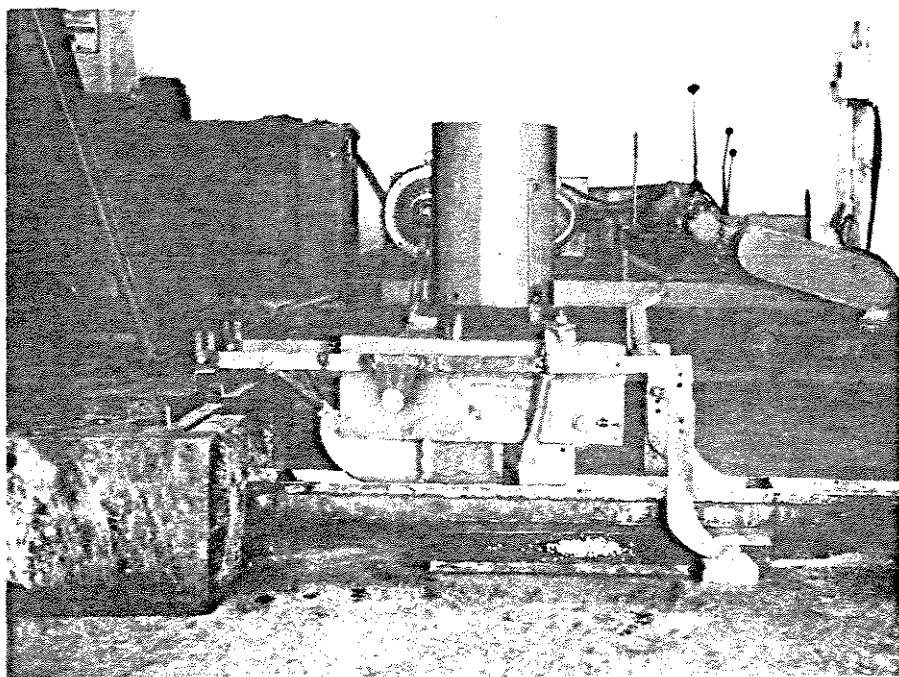


FIGURA 4.1 ASPECTO DO BANCO DE ENSAIO UTILIZADO NO EXPERIMENTO

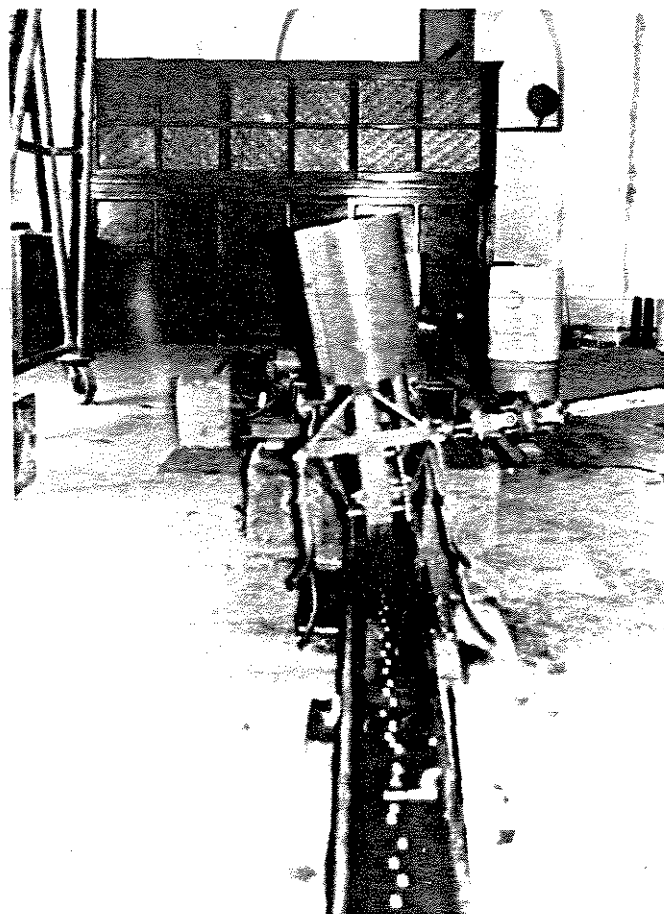


FIGURA 4.2 ASPECTO DE UMA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES SOBRE A FITA COLETORA

A Tabela 4.1 apresenta as condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da velocidade periférica do dosador.

TABELA 4.1 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE PERIFÉRICA DO DOSADOR SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

velocid. semeadora (km/h) (m/s)		velocid. dosador (m/s)	nível sementes	posição semeadora	espaçam. teórico (mm)
2,7	0,75	0,2	1/2	nivelada	60
2,7	0,75	0,3	1/2	nivelada	40
2,7	0,75	0,4	1/2	nivelada	30
2,7	0,75	0,5	1/2	nivelada	24
2,7	0,75	0,6	1/2	nivelada	20
2,7	0,75	0,7	1/2	nivelada	17

A partir da determinação da velocidade ótima de trabalho do dosador, procedeu-se o cálculo da relação de transmissão a ser empregada na semeadora. Para o cálculo considerou-se uma velocidade de avanço da semeadora de 0,75 m/s, pois segundo CHANG (1983) é a velocidade média desenvolvida por um bovino durante uma jornada de seis horas diárias de trabalho.

#### 4.6 AVALIAÇÃO FINAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

##### 4.6.1 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO

Os ensaios foram realizados para dois níveis de sementes no reservatório a saber:

- a) cheio ( 1/1 )
- b) um quarto ( 1/4 )

Durante a execução de cada ensaio o nível de sementes no reservatório foi mantido constante. A velocidade tangencial do dosador função da velocidade de avanço da semeadora foi mantida a mesma na execução de todos os ensaios bem como a posição da semeadora.

A Tabela 4.2 mostra as condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório.

TABELA 4.2 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

velocidade semeadora (km/h) (m/s)		velocidade dosador (m/s)	nível de sementes	posição semead.
3,5	0,97	0,41	1/1	nível.
3,5	0,97	0,41	1/4	nível.



#### 4.6.2 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA

Os ensaios foram realizados para tres níveis de velocidade do mecanismo dosador função da velocidade de deslocamento da semeadora, as quais são citadas a seguir:

- a) velocidade nominal de 2,7 km/h (0,75 m/s)
- b) velocidade nominal de 3,5 km/h (0,97 m/s)
- c) velocidade nominal de 4,0 km/h (1,1 m/s)

Foram escolhidas estas três velocidades de deslocamento, pois são as velocidades da fita coletora obtidas no banco de ensaios que atendem ao intervalo de velocidade desenvolvida pela espécie bovina, o qual varia entre 2,16 e 2,9 km/h, segundo SILVEIRA (1987). Para a execução de todos os ensaios foi mantido o mesmo nível de sementes no reservatório, bem como a posição da semeadora.

A Tabela 4.3 apresenta as condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora.

TABELA 4.3 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

velocidade semeadora (km/h) (m/s)		velocidade dosador (m/s)	nível de sementes	posição semead.
2,7	0,75	0,30	1/2	nível.
3,5	0,97	0,41	1/2	nível.
4,0	1,10	0,46	1/2	nível.

#### 4.6.3 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DA POSIÇÃO DA SEMEADORA

Os ensaios foram realizados para três posições da semeadora, que simulam condições de deslocamento em terreno plano e em curva de nível com declividade de aproximadamente 20 %, correspondente a  $11^{\circ}$  de inclinação, a saber:

- a) posição nivelada longitudinal e transversalmente
- b) posição nivelada longitudinalmente e inclinada de  $11^{\circ}$  à direita
- c) posição nivelada longitudinalmente e inclinada de  $11^{\circ}$  à esquerda

A inclinação lateral foi determinada pela inclinação da linha de centro das rodas da semeadora em relação ao plano horizontal, com o auxílio de um clinômetro. A posição plana foi determinada com o auxílio de um nível de bolha de ar.

Para a execução de todos os ensaios foi mantido o mesmo nível de sementes no reservatório, bem como a velocidade do mecanismo dosador que é função da velocidade linear de deslocamento da semeadora.

A Tabela 4.4 apresenta as condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da posição da semeadora.

TABELA 4.4 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DA POSIÇÃO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

velocidade semeadora (km/h) (m/s)		velocidade dosador (m/s)	nível de sementes	posição semeadora
3,5	0,97	0,41	1/2	nivelada
3,5	0,97	0,41	1/2	11º dir.
3,5	0,97	0,41	1/2	11º esq.

#### 4.7 AVALIAÇÃO DE DANOS MECÂNICOS

Para cada ensaio foram realizadas três repetições, sendo que em cada uma foram coletadas, no ponto de liberação das sementes do dosador, aproximadamente 100 gramas de sementes, em sacos plásticos. Para o tratamento testemunha foram feitas também três repetições empregando sementes que não passaram pela semeadora.

Para a amostra de cada repetição foi realizada a avaliação dos danos físicos, calculando-se o percentual de sementes quebradas em relação ao peso total da amostra, bem como a avaliação de danos fisiológicos determinada pela diferença entre os valores obtidos nos testes de germinação das amostras que passaram pela semeadora e o tratamento testemunha que não passou pela semeadora.

Os testes de germinação foram executados de acordo com as normas para a análise de sementes descritas em BRASIL, M.A (1976) no Laboratório de Sementes da Faculdade de

Engenharia Agrícola. Os testes foram efetuados em um germinador marca Fanem com temperaturas entre 20 e 30 °C, durante oito dias, usando-se substrato de papel toalha em folhas. As plântulas foram avaliadas considerando-se os critérios normal, mortas e anormais.

#### 4.7.1 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA

Os ensaios foram realizados para quatro velocidades do mecanismo dosador que são funções da velocidade linear de deslocamento da semeadora, as quais são citadas a seguir:

- a) velocidade nominal de 2,0 km/h
- b) velocidade nominal de 3,2 km/h
- c) velocidade nominal de 4,0 km/h
- d) velocidade nominal de 5,0 km/h

O nível de sementes no reservatório foi mantido constante em todos os ensaios, bem como a posição da semeadora. A Tabela 4.5 apresenta as condições gerais de execução dos ensaios para a avaliação do efeito da velocidade de deslocamento da semeadora.

TABELA 4.5 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

velocidade semeadora (km/h) (m/s)		velocidade dosador (m/s)	nível de sementes	posição semeadora
2,0	0,55	0,23	1/4	nivelada
3,2	0,89	0,36	1/4	nivelada
4,0	1,10	0,46	1/4	nivelada
5,0	1,38	0,57	1/4	nivelada

#### 4.7.2 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO

Os ensaios foram realizados para três níveis de sementes no reservatório, a saber:

- a) cheio ( 1/1 )
- b) meio ( 1/2 )
- c) um quarto ( 1/4 )

O nível de sementes no reservatório foi mantido constante em cada ensaio, sendo que a velocidade do dosador e a posição da semeadora foram mantidas as mesmas em todos os ensaios.

A Tabela 4.6 apresenta as condições gerais de execução de ensaios para a avaliação do efeito do nível de sementes no reservatório.

TABELA 4.6 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES DO RE SERVATÓRIO SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

velocidade semeadora (km/h) (m/s)		velocidade dosador (m/s)	nível de sementes	posição semeadora
3,2	0,89	0,36	1/4	nivelada
3,2	0,89	0,36	1/2	nivelada
3,2	0,89	0,36	1/4	nivelada

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

##### 4.8.1 ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

A análise estatística dos dados foi feita utilizando-se a metodologia de análise de dados prescritas no Projeto de Norma de Ensaio de Semeadoras de Precisão em Laboratório, bem como o pacote estatístico SAS disponível na Universidade Estadual de Campinas. Para cada repetição dos ensaios realizados determinou-se a média, o desvio-padrão, e o coeficiente de variação dos dados obtido; bem como efetuou-se uma distribuição de frequência com a elaboração do respectivo histograma de frequência. Na distribuição de frequência os diferentes espaçamentos entre sementes foram distribuídos em classes de frequência cujos limites correspondiam à 1/10 do espaçamento teórico, que no experimento foi de 40 mm.

A distribuição de frequência foi, então subdividida em três intervalos maiores que caracterizam a distribuição longitudinal de sementes; os quais são descritos a seguir:

- a) normais = caracteriza a ocorrência de espaçamentos entre sementes maiores ou iguais a 0.5 vezes o espaçamento teórico e espaçamentos menores que 1.5 vezes o espaçamento teórico.
- b) duplos = caracteriza a ocorrência de espaçamentos entre sementes menores que 0.5 vezes o espaçamento teórico.
- c) falhas = caracteriza a ocorrência de espaçamentos entre sementes maiores ou iguais à 1.5 vezes o espaçamento teórico.

Segundo o Projeto de Norma, a uniformidade de uma distribuição longitudinal de sementes é avaliada pela porcentagem de ocorrência do intervalo de normais.

Uma análise de variância entre os ensaios de cada efeito estudado foi realizada; bem como a confecção de um gráfico dos espaçamentos entre sementes de cada ensaio realizado possibilitando, assim, uma análise visual da distribuição longitudinal de sementes.

#### 4.8.2 ANÁLISE DE DANOS MECÂNICOS

Além da determinação do índice de danos mecânicos de sementes obtido pelo somatório dos índices de danos físicos e fisiológicos, efetuou-se também, uma análise de variância entre o tratamento testemunha e cada um dos ensaios dos efeitos estudados. Para a análise, as porcentagens de

germinação foram transformadas em arc sen  $\sqrt{x/100}$ , onde x são os valores da porcentagem de germinação, pois segundo SNEDECOR (1945), dados em porcentagem próximos de 100 ou de zero se ajustam melhor a uma distribuição normal, quando transformados. Com as transformações obtidas aplicou-se o teste de "Student", pois é o mais recomendado para a análise de pequenas amostras.

#### 4.9 DETERMINAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE DA SEMEADORA

O centro de gravidade foi determinado por meio das fórmulas citadas abaixo, as quais são empregadas pelo CENEA, sendo que a semeadora era simétrica no seu plano longitudinal, portanto  $z = 0$ .

$$x = \frac{R1 \cdot X1}{W} \quad (4.1)$$

$$y = \frac{D1 + R2 \cdot X1 - R3 [ X1 + ( D1 - H ) \tan B1 ]}{W \tan B1} \quad (4.2)$$

$$\tan B1 = \frac{H1}{X2} \quad (4.3)$$

onde:

W = peso total (Kg)

R2 = peso dianteiro em nível (Kg)

R3 = peso dianteiro levantado com calço (Kg)

X1 = distância entre pontos de apoio em nível (mm)

D1 = raio da roda traseira (mm)



H = raio da roda dianteira (mm)

H1 = altura média do calço (mm)

X2 = distância entre pontos de apoio levantado

(mm)

Os pesos foram determinados por meio de uma balança industrial com capacidade para 210 Kg da marca Filizola.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e a análise dos dados obtidos nos ensaios de laboratório realizados com o terceiro protótipo do mecanismo dosador adaptado à estrutura da semeadora marca "Marchesan".

### 5.2 DIÂMETRO DAS CÉLULAS DOSADORAS

Considerando que o diâmetro máximo das sementes de soja cultivar IAC - 9 peneira 13 foi de 7.7 mm, conforme a Tabela 5.1, optou-se pelo diâmetro das células dosadoras de 8,5 mm.

TABELA 5.1 DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO DAS SEMENTES DE SOJA

nº de sementes	diâmetro (mm)	nº de sementes	diâmetro (mm)
1	5.8	42	6.8
4	5.9	24	6.9
11	6.0	25	7.0
24	6.1	17	7.1
32	6.2	15	7.2
36	6.3	7	7.3
65	6.4	7	7.4
60	6.5	5	7.5
74	6.6	-	7.6
49	6.7	2	7.7

### 5.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

#### 5.3.1 EFEITO DA VELOCIDADE PERIFÉRICA DO DOSADOR

A Tabela 5.2 apresenta a média da porcentagem de normais, duplos e falhas, bem como da média dos espaçamentos entre sementes, do desvio-padrão e do coeficiente de variação das três repetições de cada ensaio realizado. A Tabela 1, no Anexo, apresenta os valores destes parâmetros para cada uma das repetições dos ensaios realizados.

Com os valores da porcentagem de normais de cada ensaio, que é o indicador da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, efetuou-se uma análise de variância, embora a mesma não seja requerida pelo Projeto de Norma da ABNT para Ensaio de Semeadoras de Precisão em Laboratório e consequentemente não é realizada pelas instituições de pesquisa responsáveis pela análise do desempenho operacional das semeadoras fabricadas no Brasil. Entretanto, verificou-se que a análise de variância efetuada não era adequada aos dados obtidos, pois não foi possível obter resultados conclusivos. Realizou-se, então, um teste descrito por SPIEGEL (1971) para verificar se os dados obtidos representavam um bom ajustamento a uma distribuição normal. O Gráfico 5.1 apresenta o resultado do teste realizado para o tratamento, referente a velocidade periférica de 0.3 m/s, podendo ser observado que os pontos

não se dispõe sobre uma reta, determinando que os dados obtidos não se ajustam a uma distribuição normal; sendo a mesma conclusão válida para o restante dos tratamentos. Verificou-se, então, a necessidade do emprego da estatística não-paramétrica para a realização da análise de variância, a qual foi efetuada empregando-se o teste de Kruskal-Wallis, utilizado para a análise de três ou mais tratamentos, substituto do teste "F" no campo paramétrico (CAMPOS, 1983). COSTA et alli (1984) estudando a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes de semeadoras de precisão em laboratório empregou, também, a estatística não-paramétrica para a realização da análise de variância, pois os seus dados obtidos não se ajustavam a uma distribuição normal.

TABELA 5.2 EFEITO DA VELOCIDADE PERIFÉRICA DO DOSADOR SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

veloc. (m/s)	normais <sup>1,2</sup> (%)	duplos (%)	falhas (%)	média <sup>3</sup> (mm)	D.P	C.V (%)
0,2	91,20(41) <sup>a</sup>	6,40	2,40	60,26	21,95	36,43
0,3	92,27(43) <sup>a</sup>	4,80	2,93	38,81	11,23	28,95
0,4	90,93(38.5) <sup>a</sup>	4,27	4,80	29,34	8,88	30,27
0,5	88,00(27.5) <sup>a,b</sup>	4,80	7,20	24,06	9,44	39,23
0,6	80.80(15) <sup>b,c</sup>	4,273	14,93	21,16	9,58	45,29
0,7	71,47(6) <sup>c</sup>	10,27	18,26	19,48	10,63	54,57

(1) somatório das ordens atribuídas aos tratamentos

(2) médias com a mesma letra não diferem significativamente ao nível de 1 % pelo teste de Kruskal-Wallis

(3) média dos espaçamentos entre sementes

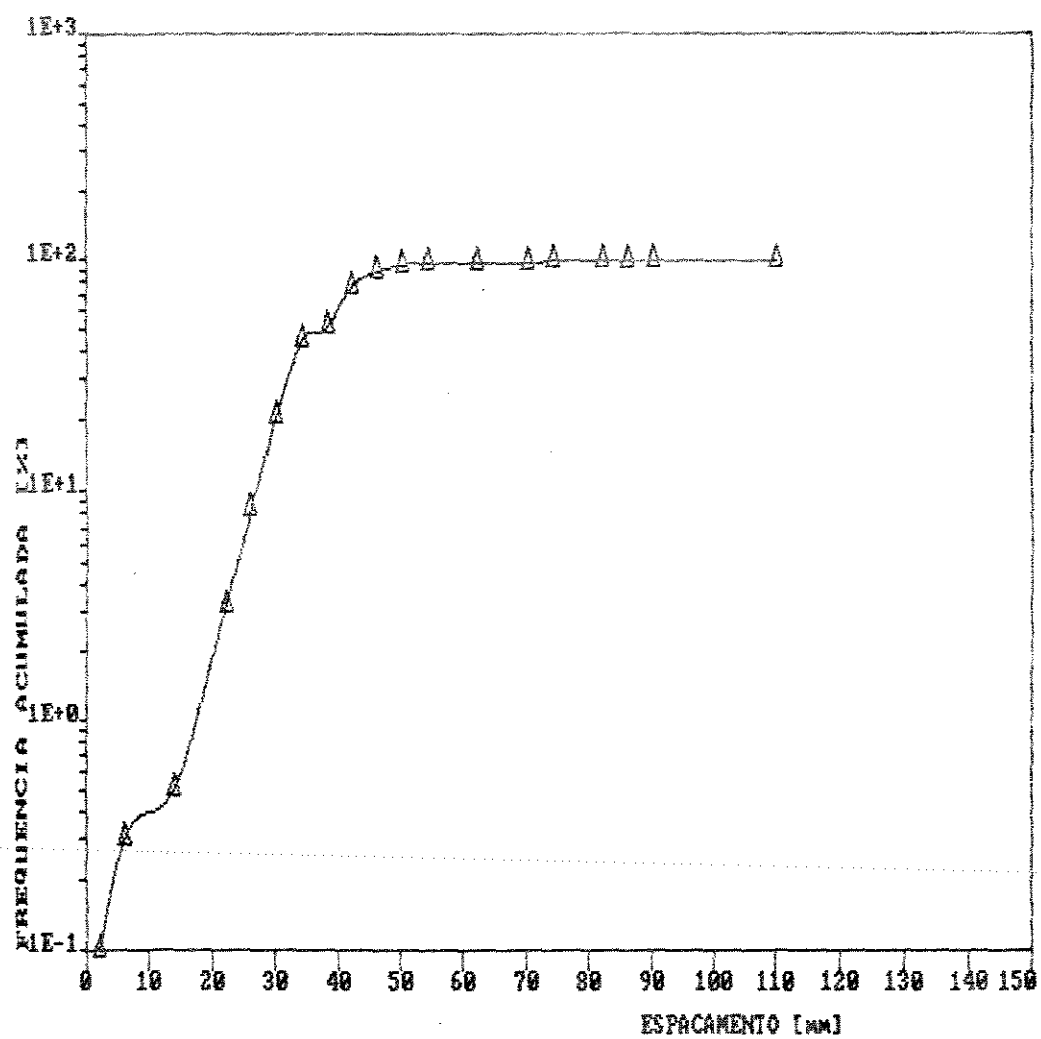


GRÁFICO 5.1 VERIFICAÇÃO DA NORMALIDADE DOS DADOS DO TRATAMENTO REFERENTE À VELOCIDADE DE 0.3M/S

As velocidades de 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 m/s não diferiram estatisticamente a um nível de 1%, mas optou-se pela velocidade de 0,3 m/s para o cálculo da relação de transmissão da semeadora pois foi a velocidade que apresentou a maior média da porcentagem de normais, que é um indicador da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, bem como apresentou o menor coeficiente de variação. Devido, também, às velocidades acima de 0,3 m/s apresentarem valores para a porcentagem de falhas superiores ao apresentado pela velocidade de 0,3 m/s e a velocidade inferior, igual a 0,2 m/s, apresentar um valor para a porcentagem de duplos superior ao apresentado pela velocidade de 0,3 m/s. O resultado obtido está de acordo com a afirmação de DELAFOSSE (1986) a qual menciona que o uso de velocidades periféricas máximas entre 0,29 e 0,315 m/s resultam em uma melhor precisão de dosagem.

A relação de transmissão calculada foi de 1:1,22; sendo que a mesma foi obtida empregando-se uma engrenagem motora de 11 dentes e uma movida de 9 dentes.

As velocidades de 0,6 e 0,7 m/s, as duas maiores empregadas, forneceram as menores uniformidades de distribuição longitudinal de sementes. Isto ocorreu devido ao fato de que as sementes não tinham tempo suficiente para preencherem as células dosadoras nesta faixa de velocidades; ocasionando, assim, um grande número de falhas, ie, capturas nulas de sementes pelas células dosadoras. Os resultados obtidos concordam com as afirmações de BAINER (1947), AUTRY

& SCHROEDER (1953) e WANJURA & HUDSPETH (1968), as quais citam que a precisão de dosagem é afetada pela velocidade periférica do dosador.

Entretanto a velocidade de 0,7 m/s, cujo valor era bem próximo à velocidade da fita coletora de 0,75 m/s, foi a que apresentou a maior média da porcentagem de falhas e do coeficiente de variação. Através do resultado obtido observa-se que a velocidade periférica do dosador não pode ser igual à velocidade de avanço da semeadora, devido ao fato da ocorrência de um excessivo número de capturas nulas de sementes pelas células dosadoras. Verifica-se, assim, que não conseguiu-se seguir integralmente a afirmação de WILSON (1980), a qual menciona que a velocidade periférica do dosador deve ser igual e de sentido oposto à velocidade de avanço da semeadora para que a semente tenha velocidade relativa igual a zero.

Porém, mesmo que o módulo da velocidade do dosador não possa ser igual à velocidade de deslocamento da semeadora, o mecanismo dosador desenvolvido possui a vantagem de que as duas velocidades tendem à se subtraírem no ponto de liberação da semente por estarem em sentidos opostos; amenizando, assim, o problema do saltitamento e ou rolamento da semente após ao impacto com o solo. Contrário de algumas semeadoras mecânicas de precisão disponíveis no mercado, cujos projetos não consideram o ponto ideal de liberação da semente do mecanismo dosador para favorecer a subtração destas velocidades.

#### 5.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

##### 5.4.1 EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES DO RESERVATÓRIO

Os Gráficos 5.2 e 5.3 apresentam os histogramas de frequência para os níveis de sementes cheio (1/1) e um quarto (1/4), respectivamente, sendo que cada um corresponde à média das três repetições de cada ensaio realizado. A Tabela 5.3 apresenta os intervalos de espaçamento entre sementes correspondentes à cada classe de frequência presentes nos histogramas.

TABELA 5.3 INTERVALOS DAS CLASSES DE FREQUÊNCIA DOS HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIA

classes	intervalos (mm)	classes	intervalos (mm)
1	0=< I <4	19	72=< I <76
2	4=< I <8	20	76=< I <80
3	8=< I <12	21	80=< I <84
4	12=< I <16	22	84=< I <88
5	16=< I <20	23	88=< I <92
6	20=< I <24	24	92=< I <96
7	24=< I <28	25	96=< I <100
8	28=< I <32	26	100=< I <104
9	32=< I <36	27	104=< I <108
10	36=< I <40	28	108=< I <112
11	40=< I <44	29	112=< I <116
12	44=< I <48	30	116=< I <120
13	48=< I <52	31	120=< I <124
14	52=< I <56	32	124=< I <128
15	56=< I <60	33	128=< I <132
16	60=< I <64	34	132=< I <136
17	64=< I <68	35	136=< I <140
18	68=< I <72	36	140=< I



ORCENTAGEM

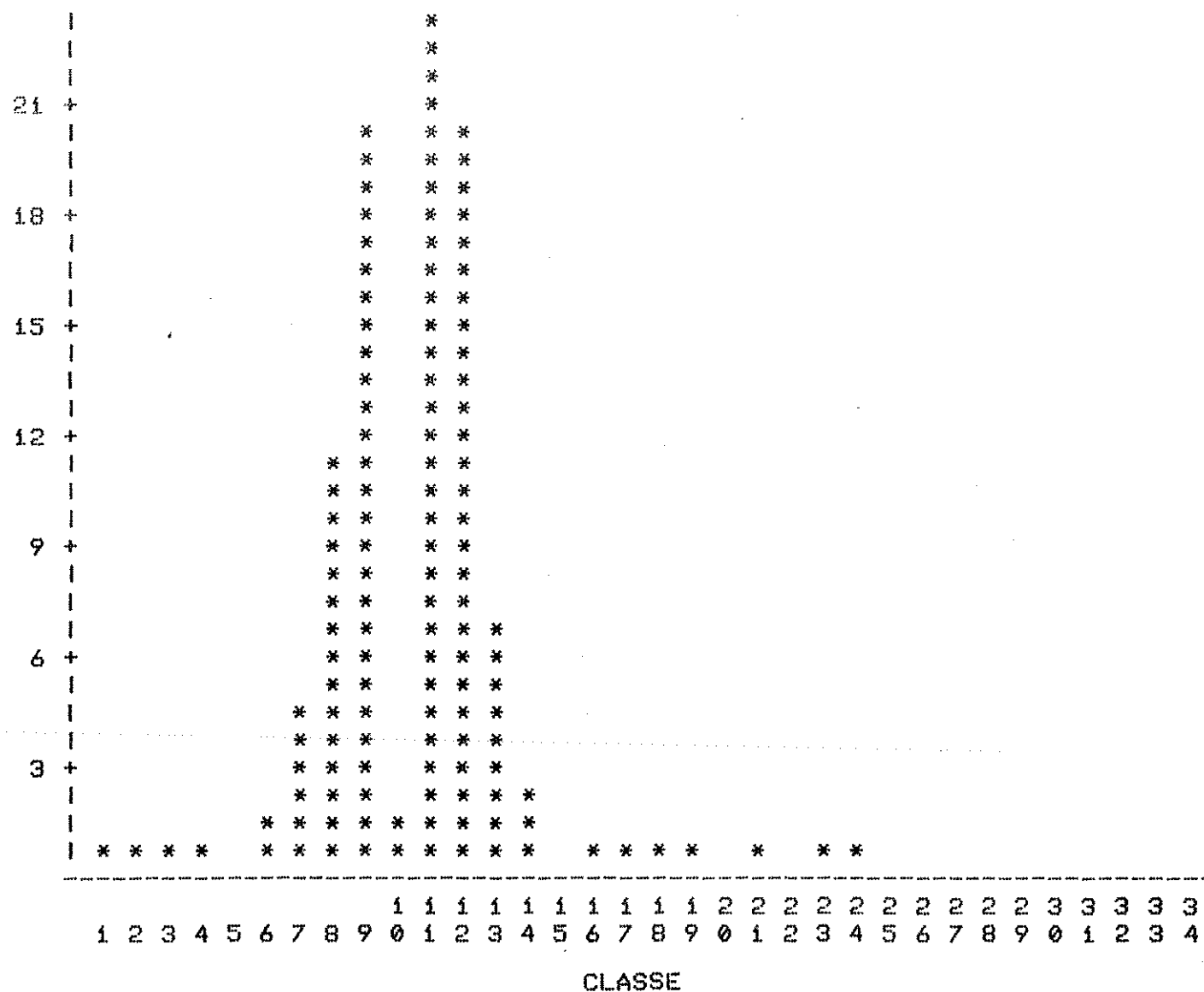


GRÁFICO 5.2 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA O NÍVEL DE SEMENTES CHEIO (1/1)

PORCENTAGEM

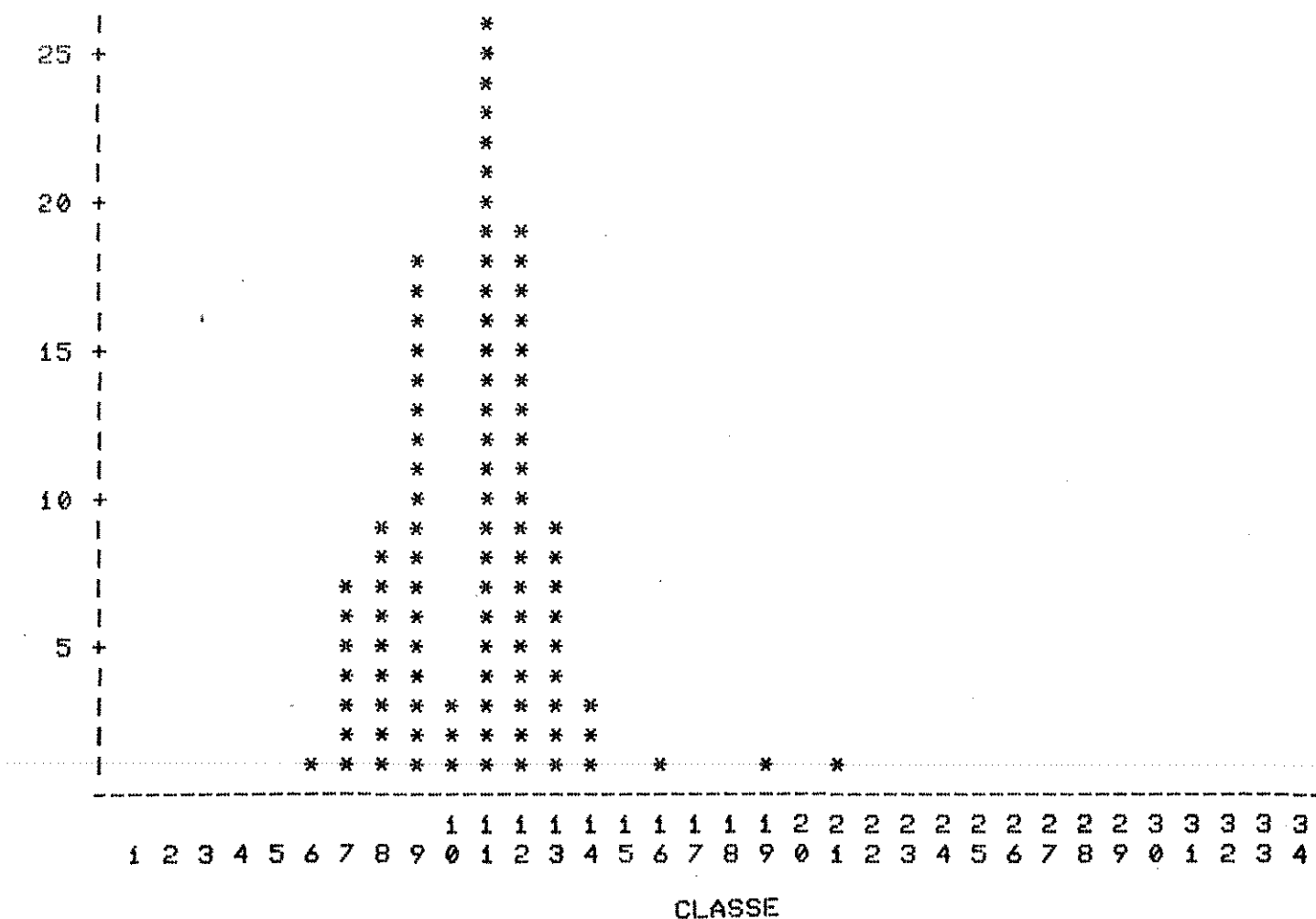


GRÁFICO 5.3 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA O NÍVEL DE SEMENTES UM QUARTO (1/4)

A Tabela 5.4 apresenta a média da porcentagem de normais, duplos e falhas, bem como da média dos espaçamentos entre sementes; do desvio-padrão; e do coeficiente de variação das três repetições de cada ensaio realizado. A Tabela 2, no Anexo, apresenta os valores destes parâmetros para as repetições dos ensaios realizados.

Com os valores da porcentagem de normais dos ensaios, que é o indicador da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, efetuou-se a análise de variância através do teste não-paramétrico de Wilcoxon empregado para a análise de dois tratamentos, substituto do teste F no campo paramétrico, pois os dados obtidos não se ajustam a uma distribuição normal (CAMPOS, 1983).

TABELA 5.4 EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

nível	normais <sup>1=2</sup> (%)	duplos (%)	falhas (%)	média <sup>3</sup> (mm)	D.P	C.V (%)
1/1	92,13(10.5)*	2,93	4,94	39,96	12,86	32,18
1/4	95,33(18)*	1,06	3,61	40,11	11,13	27,75

(1) somatório das ordens atribuídas aos tratamentos

(2) médias com a mesma letra não diferem significativamente a um nível de 1 % pelo teste de Wilcoxon

(3) média dos espaçamentos entre sementes

Através dos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 5.4, pode-se concluir que não houve diferença significativa a um nível de 1 % entre os níveis

de sementes no reservatório sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

Nos Gráficos 5.4 e 5.5 foram plotados os espaçamentos entre sementes para os níveis de sementes cheio (1/1) e um quarto (1/4), respectivamente, os quais permitem uma análise visual da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Em cada gráfico foram plotadas as 750 observações correspondentes às três repetições de cada ensaio realizado. O gráfico obtido apresenta a concentração de pontos na forma de letras, pela impossibilidade de se plotar todas as observações. Assim, a letra A representa uma observação, a B duas observações e assim sucessivamente.

#### 5.4.2 EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA

Os Gráficos 5.6, 5.7 e 5.8 apresentam os histogramas de frequência para as velocidades nominais de deslocamento de 2,7; 3,5 e 4,0 km/h, respectivamente, sendo que cada um corresponde à média das três repetições de cada ensaio realizado. A Tabela 5.3 apresenta os intervalos de espaçamentos entre sementes correspondentes à cada classe de frequência presentes nos histogramas.

A Tabela 5.5 apresenta a média da porcentagem de normais, duplos e falhas, bem como da média dos espaçamentos entre sementes, do desvio-padrão e do coeficiente de variação das três repetições de cada ensaio realizado. A

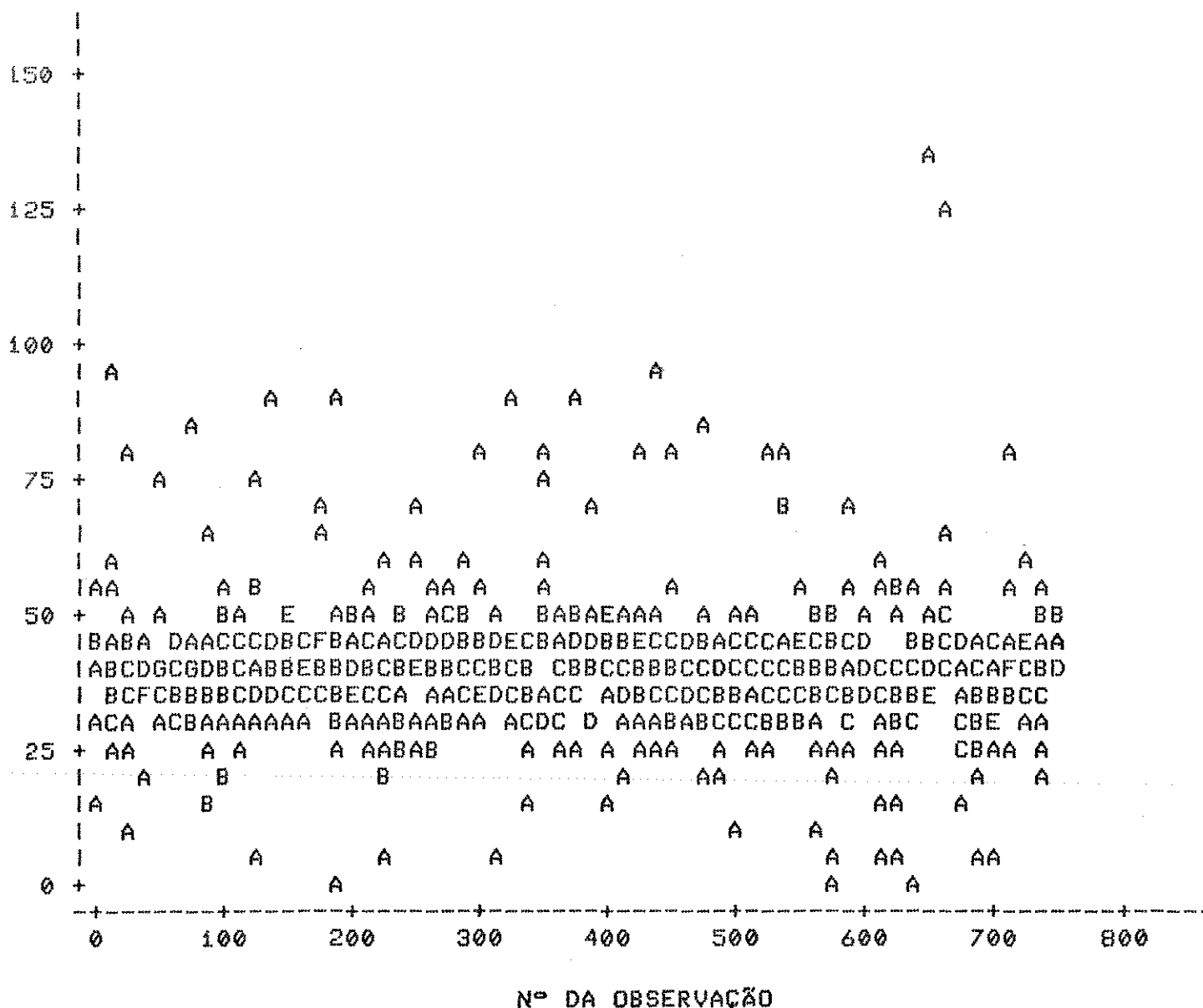


GRÁFICO 5.4 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA O NÍVEL DE SEMENTES CHEIO (1/1)

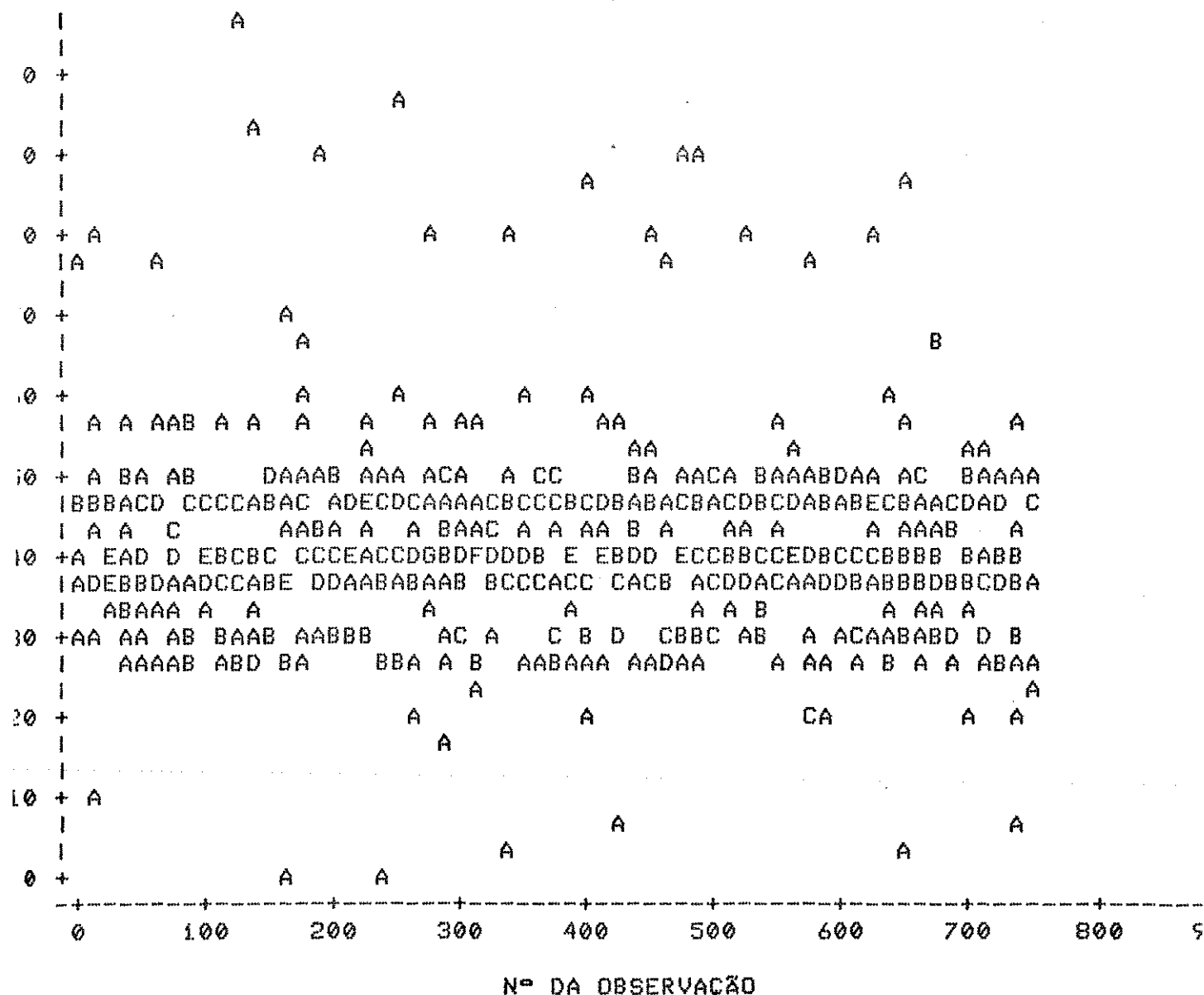


GRÁFICO 5.5 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA O NÍVEL DE SEMENTES UM QUARTO (1/4)

PORCENTAGEM

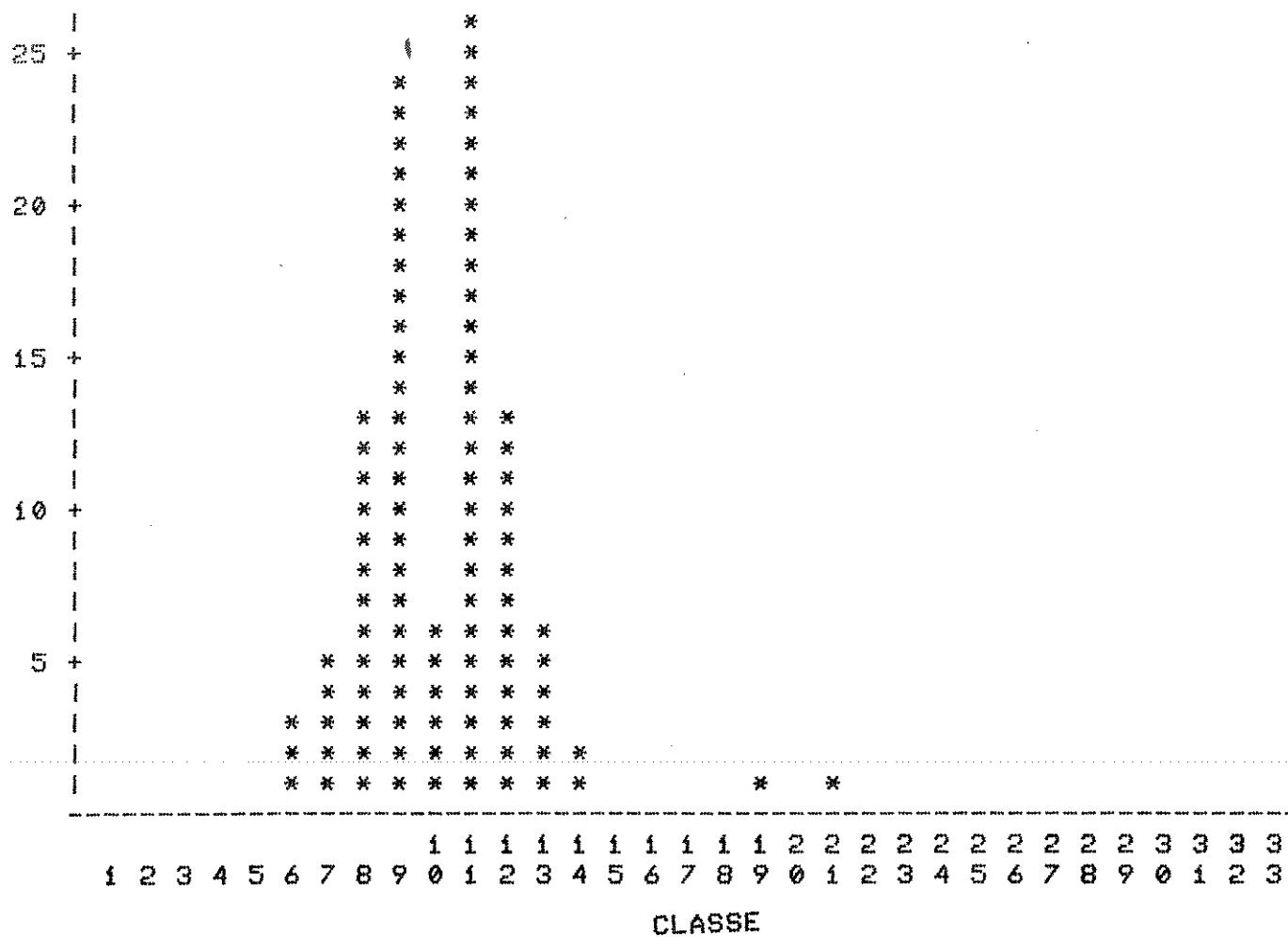


GRÁFICO 5.5 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 2.7 KM/H

PORCENTAGEM

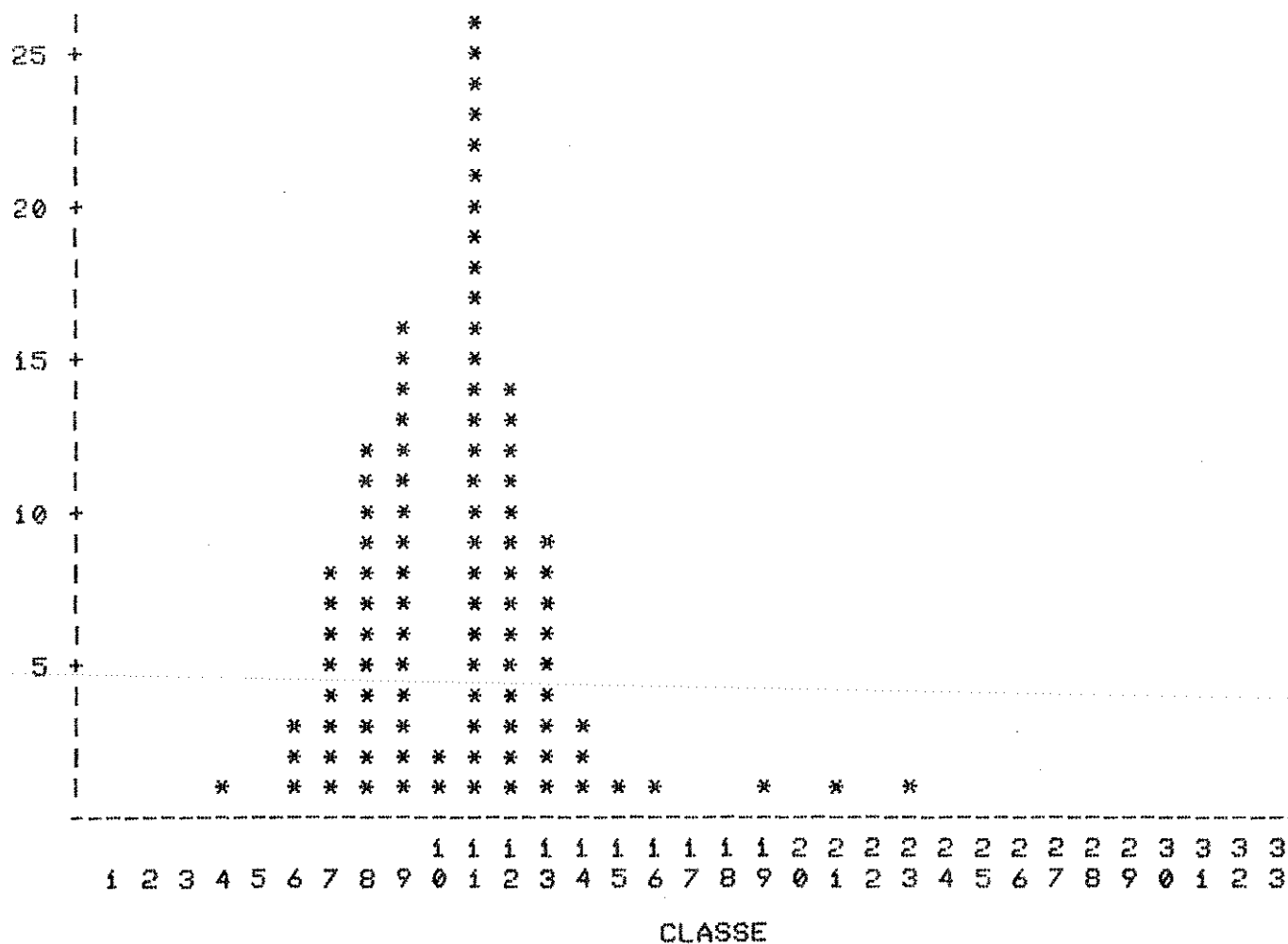


GRÁFICO 5.7 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 3,5 KM/H



PORCENTAGEM

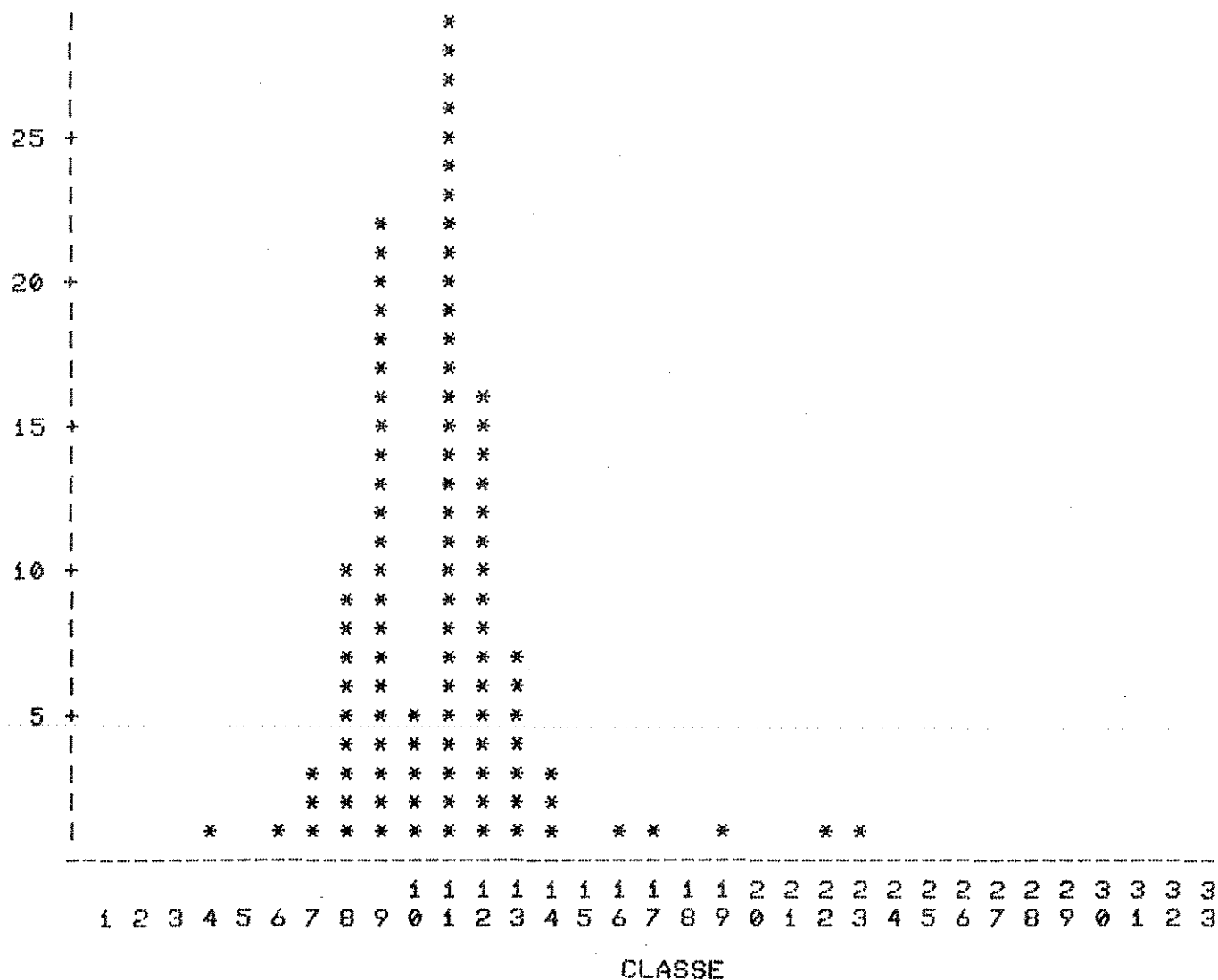


GRÁFICO 5.8 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 4,0 KM/H

Tabela 3, no Anexo, apresenta os valores destes parâmetros para as repetições de cada ensaio.

Com os valores da porcentagem de normais obtidos, que é o indicador da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, efetuou-se a análise de variância através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis empregado para a análise de três ou mais tratamentos substituto do teste F do campo paramétrico, pois os dados obtidos não se ajustam a uma distribuição normal (CAMPOS, 1983).

TABELA 5.5 EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

veloc. (km/h)	normais <sup>1=2</sup> (%)	duplos (%)	falhas (%)	média <sup>3</sup> (mm)	D.P	C.V (%)
2,7	97,2(21)*	0,53	2,27	38,49	9,81	25,49
3,5	93,86(13.5)*	1,60	4,54	39,70	12,57	31,67
4,0	94,56(10.5)*	1,06	4,41	40,64	11,62	28,60

(1) somatório das ordens atribuídas aos tratamentos

(2) médias com a mesma letra não diferem significativamente a um nível de 1 % pelo teste de Kruskal-Wallis

(3) média dos espaçamentos entre sementes

Através dos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 5.5, pode-se concluir que não houve diferença significativa a um nível de 1 % entre as velocidades de avanço da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

Nos Gráficos 5.9, 5.10 e 5.11 estão plotados os espaçamentos entre sementes para as velocidades de deslocamento de 2,7; 3,5 e 4,0 km/h, respectivamente, os quais possibilitam uma análise visual da uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Em cada gráfico foram plotados as 750 observações, correspondentes às três repetições de cada ensaio realizado. O gráfico obtido apresenta a concentração de pontos na forma de letras, pela impossibilidade de se plotar todas as observações. Assim, a letra A significa uma observação, a B duas observações e assim sucessivamente.

#### 5.4.3 EFEITO DA POSIÇÃO DA SEMEADORA

Os Gráficos 5.12, 5.13 e 5.14 apresentam os histogramas de frequências para as posições da semeadora nivelada, inclinada 11 graus à esquerda e inclinada 11 graus à direita, respectivamente, sendo que cada um corresponde à média das três repetições de cada ensaio. A Tabela 5.3 apresenta os espaçamentos entre sementes correspondentes à cada classe de frequência presentes nos histogramas.

A Tabela 5.6 apresenta a média da porcentagem de normais, duplos e falhas, bem como da média dos espaçamentos entre sementes, do desvio-padrão e do coeficiente de variação das três repetições de cada ensaio realizado. A Tabela 4, no Anexo, apresenta os valores destes parâmetros para as repetições de cada ensaio.

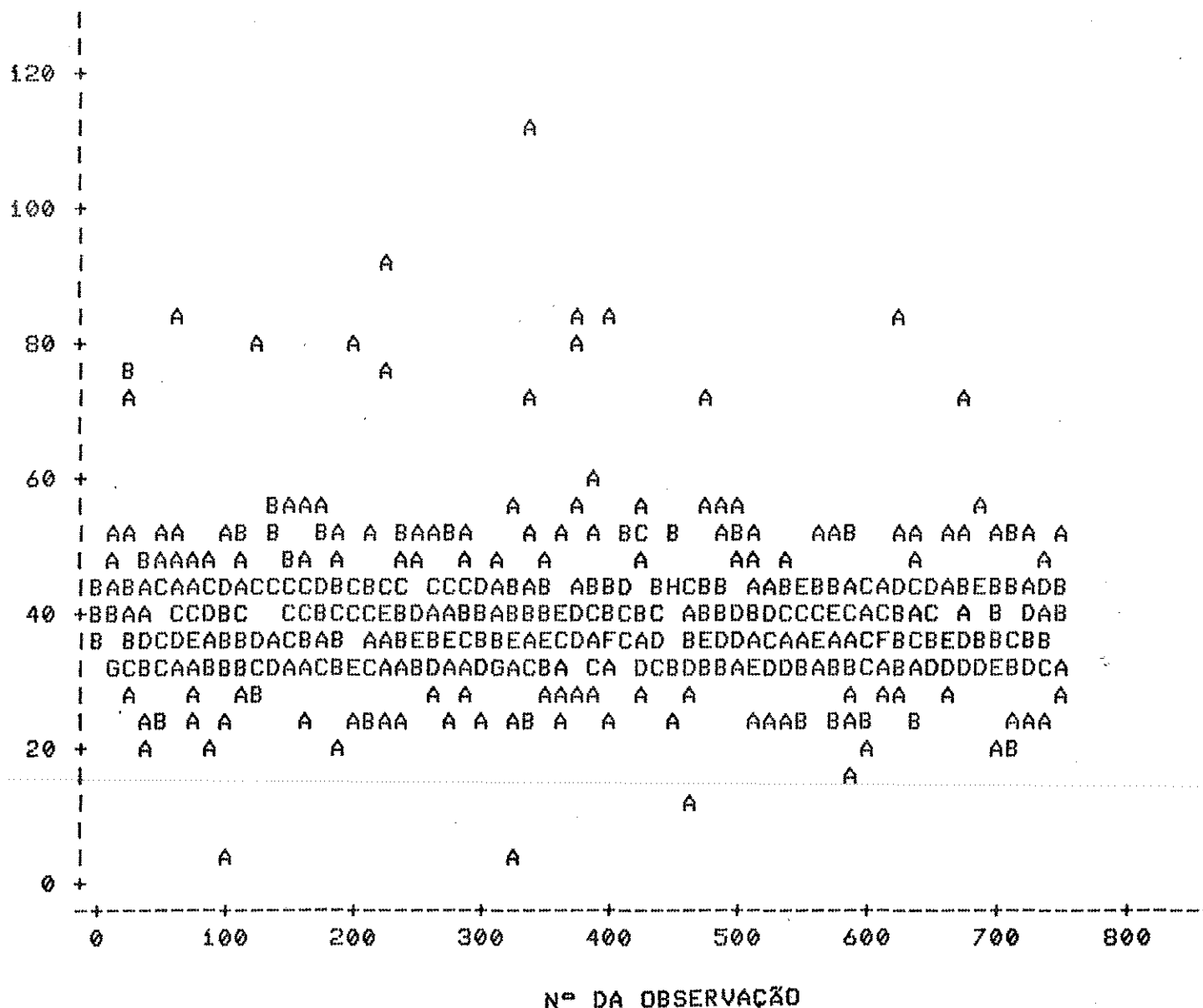


GRÁFICO 5.9 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 2.7 KM/H

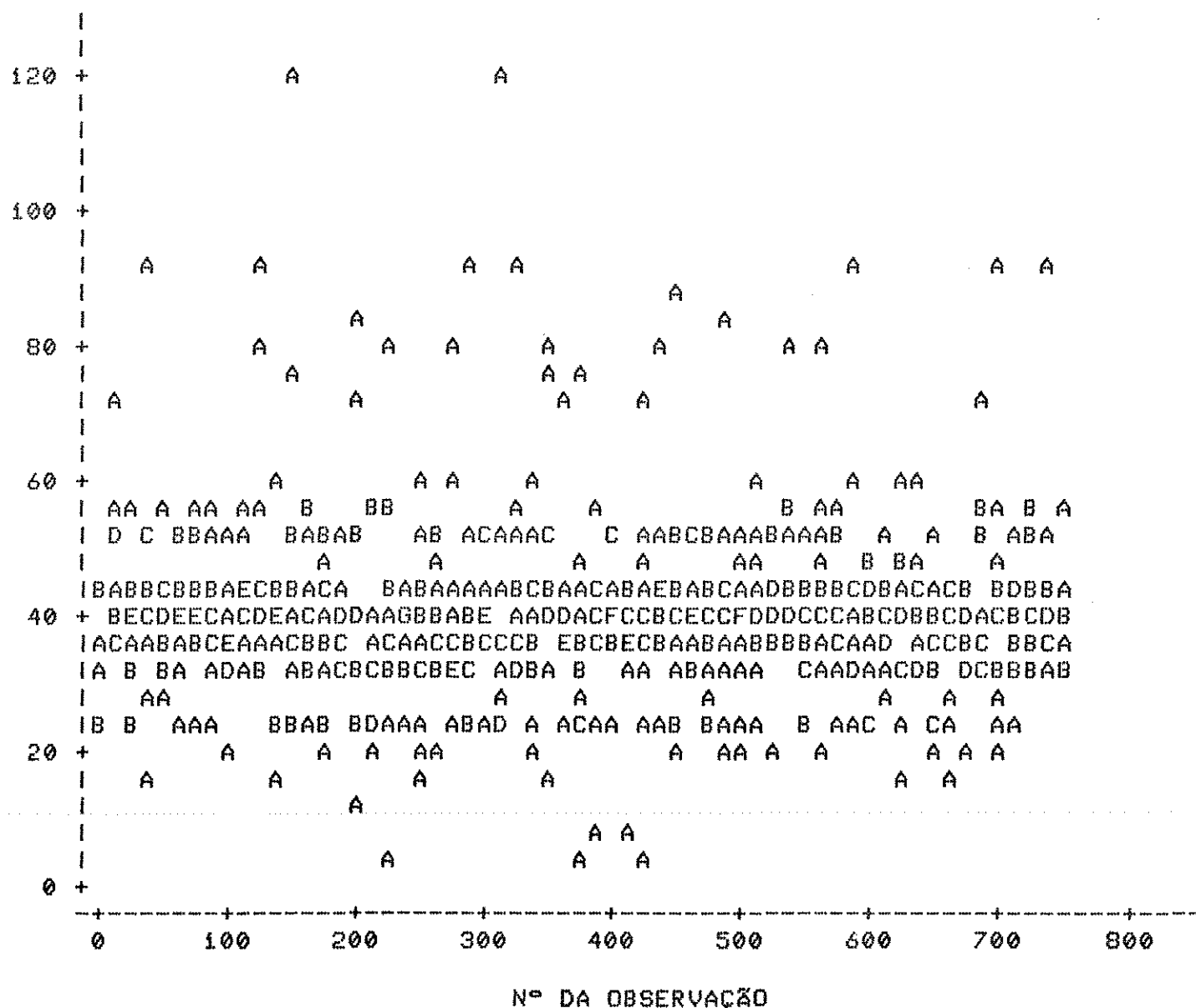


GRÁFICO 5.10 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 3,5 KM/H

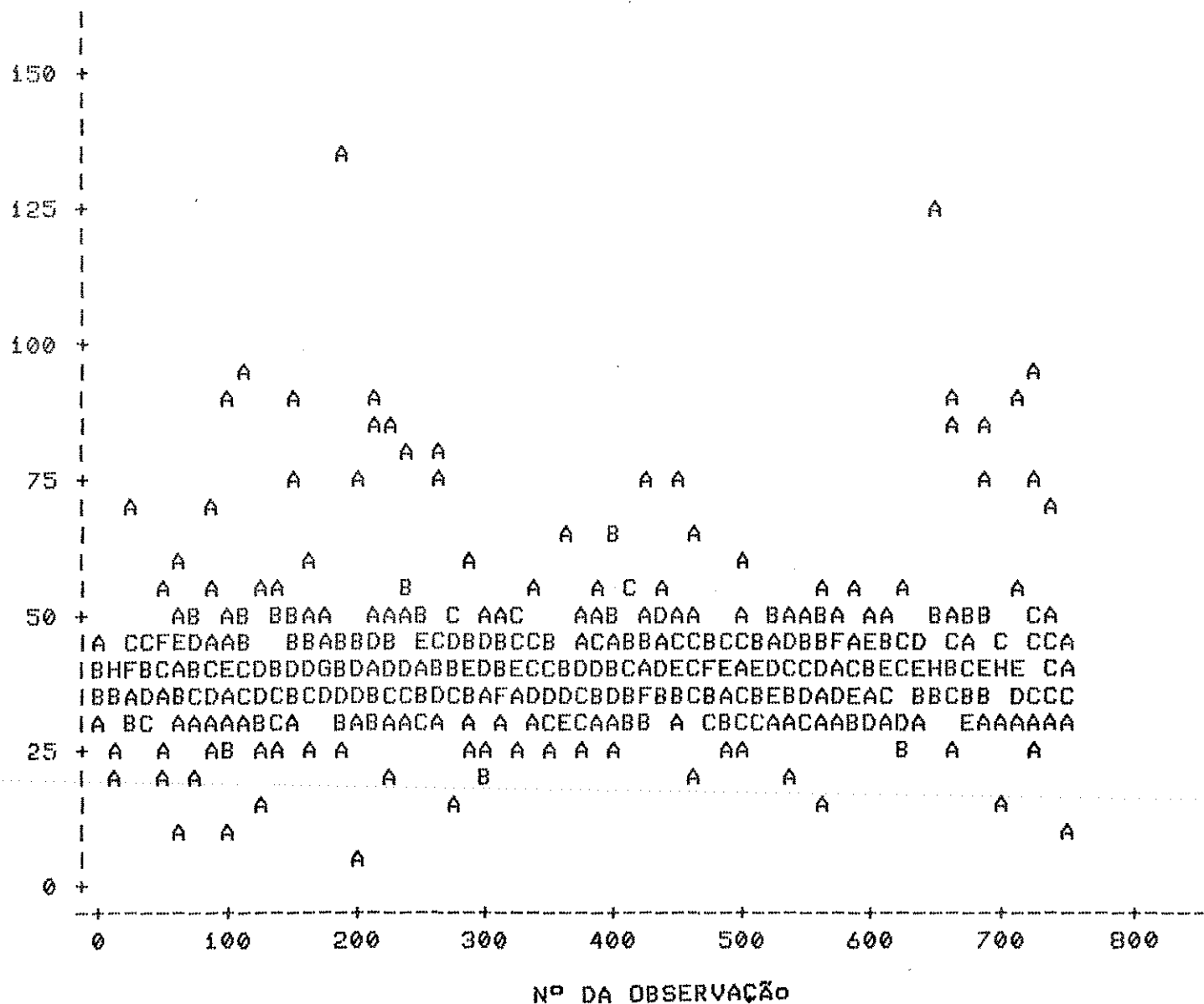


GRÁFICO 5.11 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA A VELOCIDADE  
DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA DE 4,0 KM/H

ORCENTAGEM

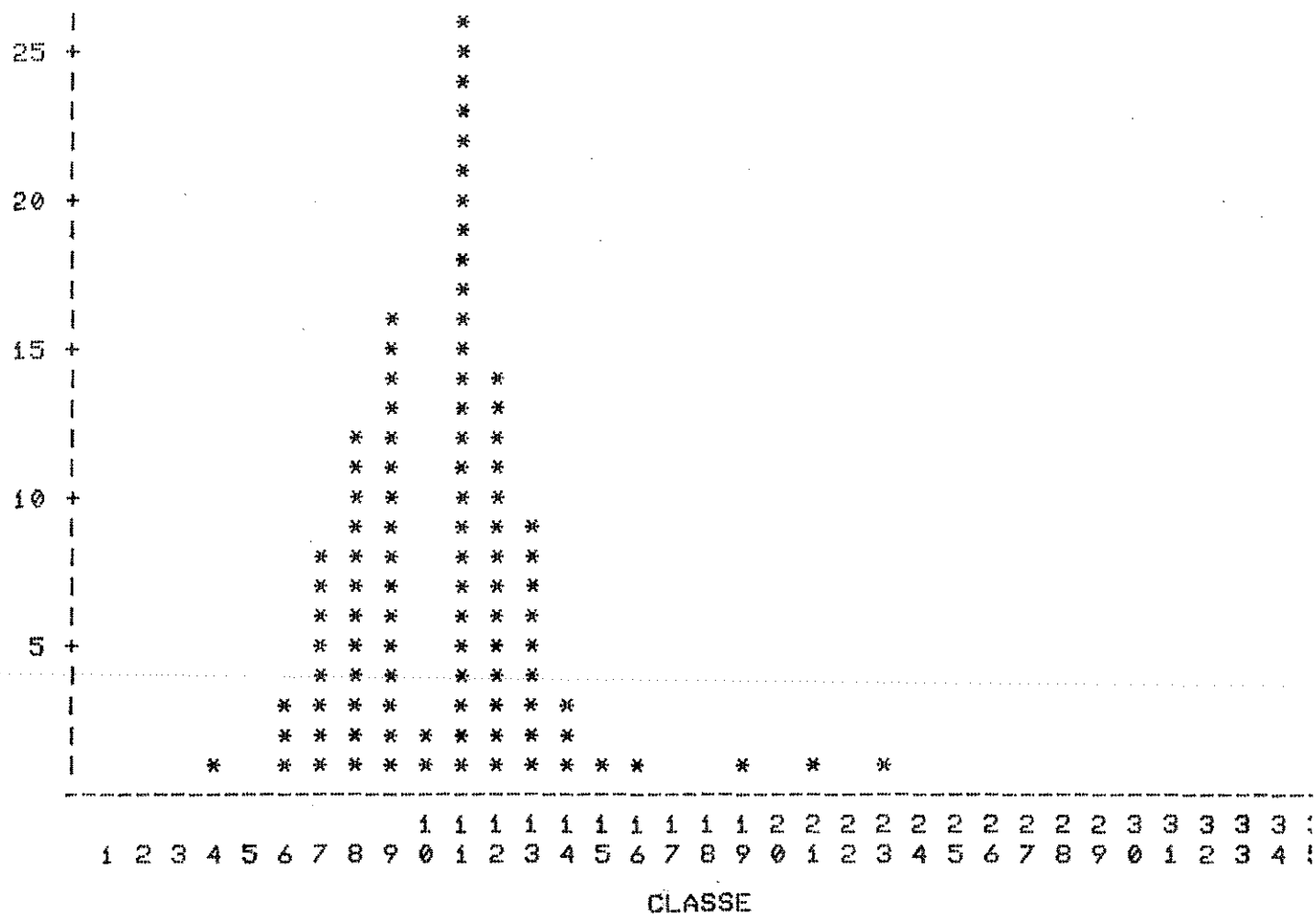


GRÁFICO 5.12 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A POSIÇÃO DA SEMEADORA NIVELADA

:CENTAGEM

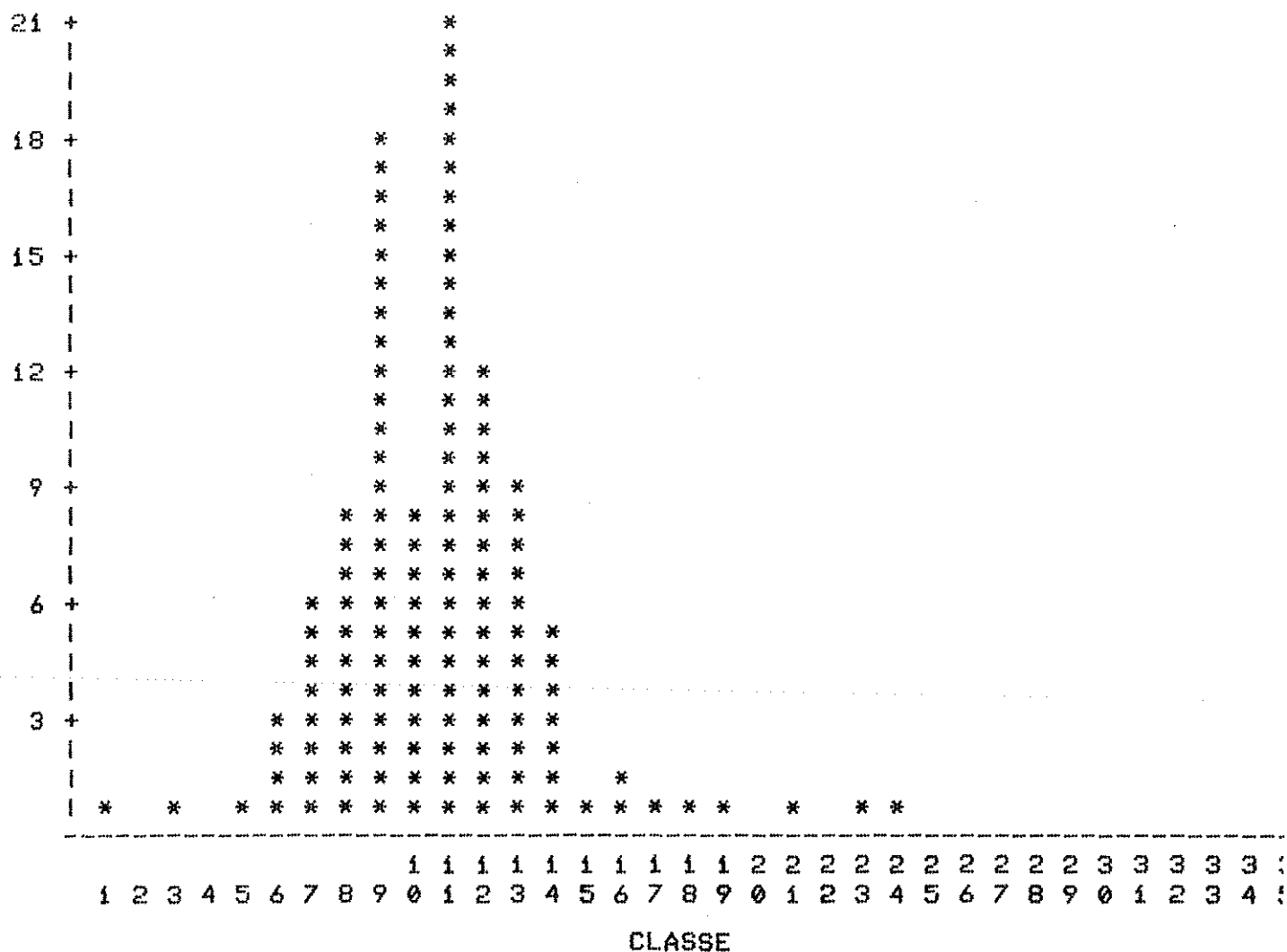


GRÁFICO 5.13 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A POSIÇÃO DA SEMEADORA INCLINADA 11 GRAUS À ESQUERDA



PERCENTAGEM

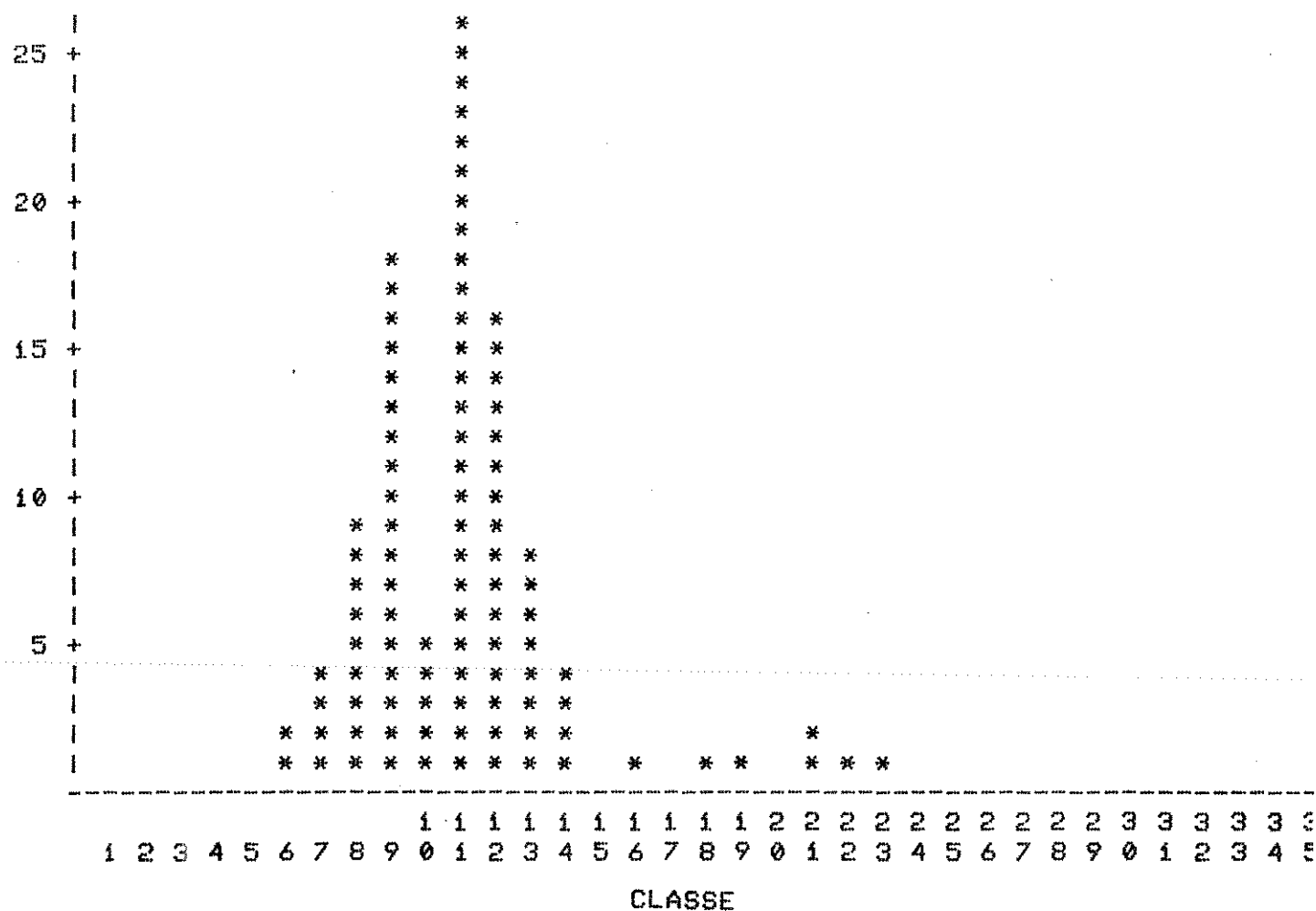


GRÁFICO 5.14 HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA A POSIÇÃO DA SEMEADORA INCLINADA 11 GRAUS À DIREITA

Com os valores da porcentagem de normais obtidos, que é o indicador da uniformidade de distribuição longitudinal, efetuou-se a análise de variância através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis empregado para a análise de três ou mais tratamentos substituto do teste F no campo paramétrico, pois os dados obtidos não se ajustam a uma distribuição normal (CAMPOS, 1983).

TABELA 5.6 EFEITO DA POSIÇÃO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

posição	normais <sup>1+2</sup> (%)	duplos (%)	falhas (%)	média <sup>3</sup> (mm)	D.P	C.V (%)
nivelada	93,86(19)*	1,60	4,54	39,71	12,57	31,67
11° dir.	92,53(13.5)*	0,93	6,54	41,82	13,35	31,92
11° esq.	91,6 (12.5)*	2,40	6,00	40,51	13,69	33,81

(1) somatório das ordens atribuídas aos tratamentos

(2) médias com a mesma letra não diferem significativamente a um nível de 1 % pelo teste de Kruskal-Wallis

(3) média dos espaçamentos entre sementes

Através dos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 5.6, pode-se concluir que não houve diferença significativa ao nível de 1% entre as posições da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

Nos Gráficos 5.15, 5.16 e 5.17 foram plotados os espaçamentos entre sementes para as posições da semeadora nivelada, inclinada 11 graus à esquerda e 11 graus à direita, respectivamente. Em cada gráfico foram plotados as 750 observações, correspondentes às três repetições de cada

ensaio realizado. O gráfico obtido apresenta a concentração de pontos na forma de letras, pela impossibilidade de se plotar todas as observações. Assim, a letra A significa uma observação, a B duas observações e assim sucessivamente.

Pela análise de variância realizada para o nível de sementes no reservatório e para a posição da semeadora pôde ser observado que não houve diferença significativa entre os níveis de sementes no reservatório, bem como entre as posições da semeadora sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Isto deve-se ao fato de que o mecanismo dosador trabalha separadamente do reservatório de sementes, o qual comporta sempre uma pequena quantidade de sementes mais precisamente em cima da correia dosadora, pois à medida que as sementes vão sendo dosadas e liberadas pelo mecanismo dosador, automaticamente sementes vão sendo escoadas do reservatório para o dosador por meio de uma mangueira plástica. Existe, também, um estrangulador no ponto de encaixe da mangueira com o fundo do depósito que permite regular a área de vazão das sementes; sendo que o processo de escoamento é facilitado devido ao reservatório ter seu fundo inclinado.

Assim verifica-se na semeadora desenvolvida, que o sistema de alimentação de sementes para o dosador, independe do nível de sementes no reservatório, bem como das inclinações laterais da semeadora; pois o mecanismo dosador

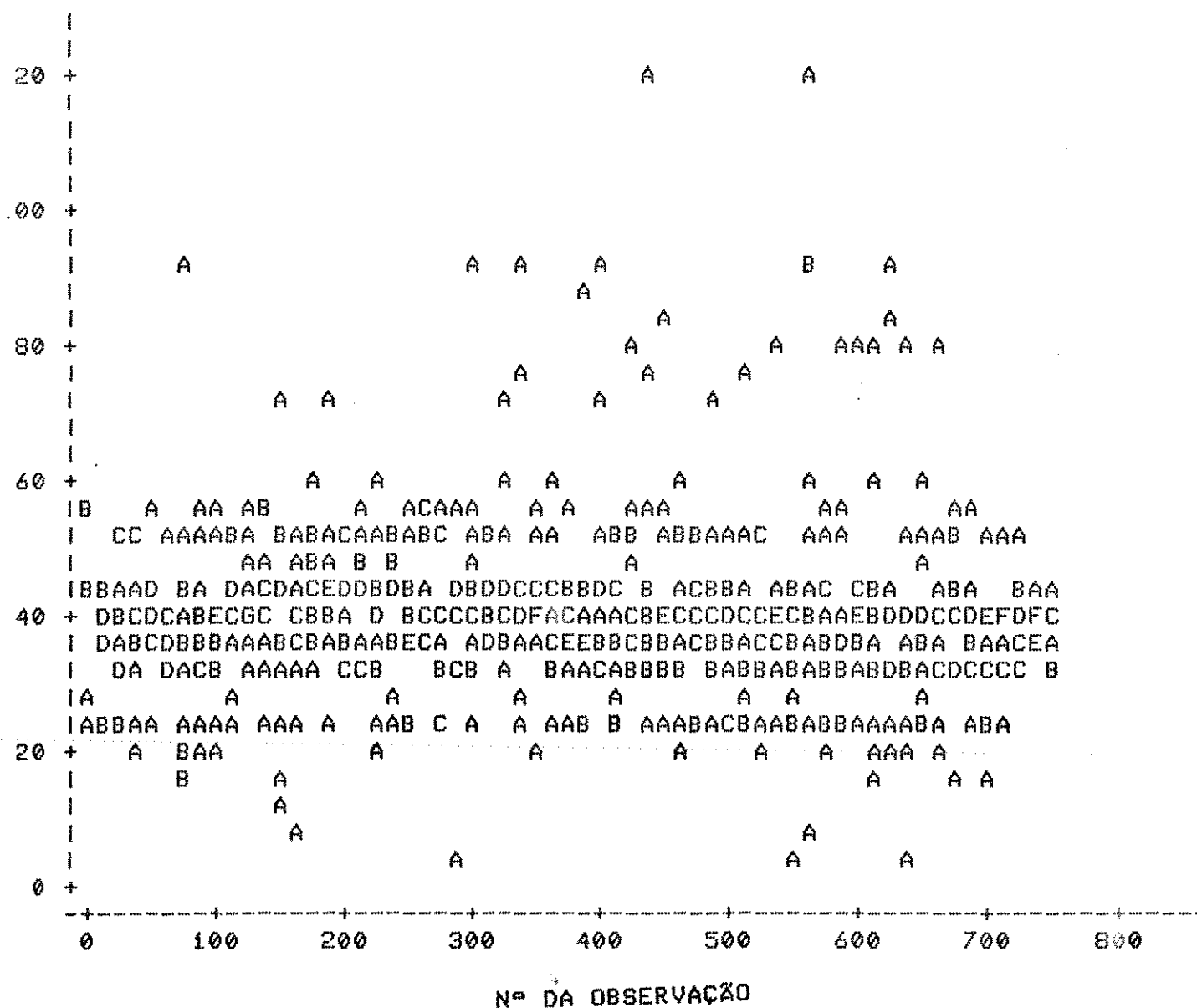


GRÁFICO 5.15 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA A POSIÇÃO DA SEMEADORA NIVELADA

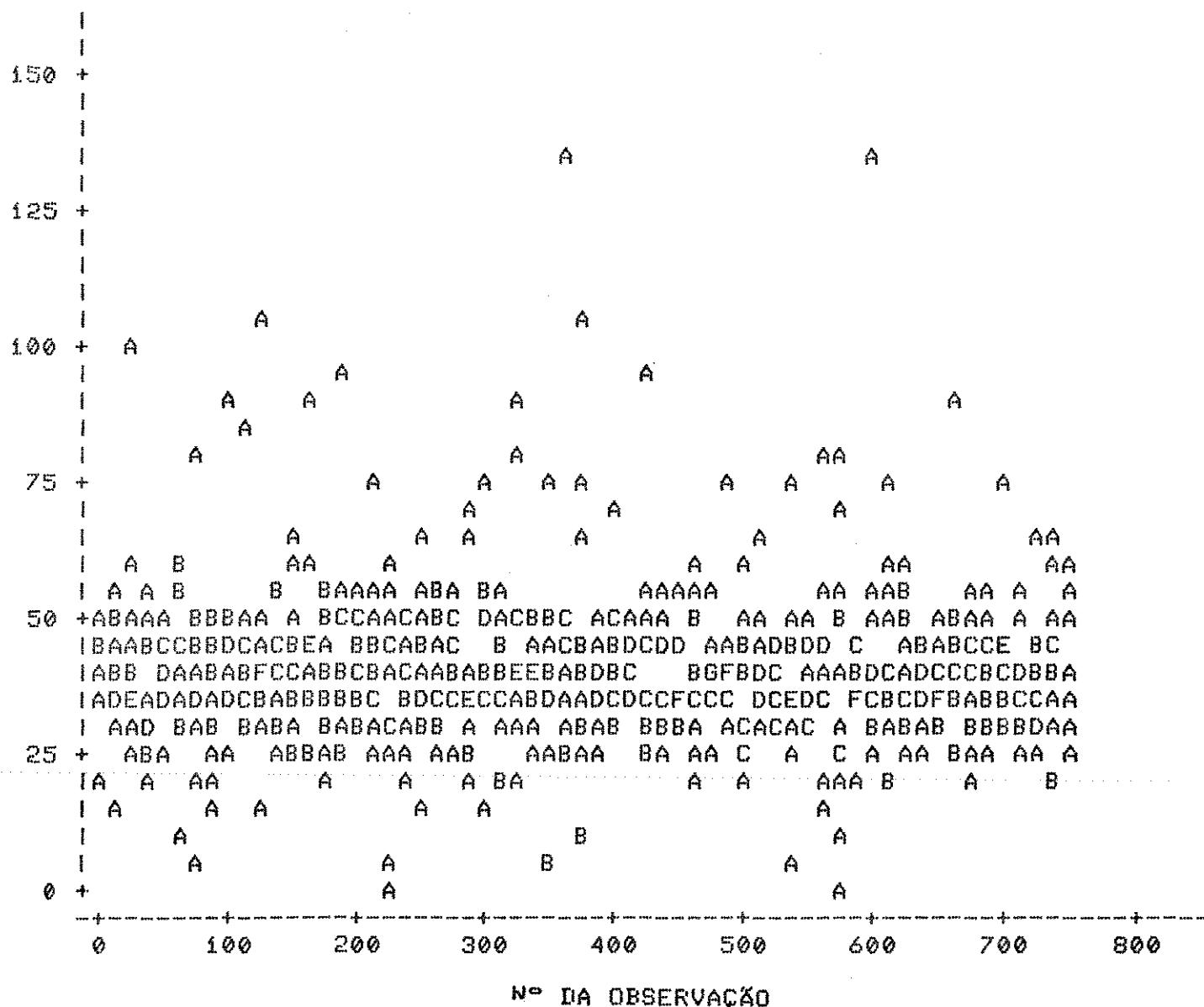


GRÁFICO 5.16 ESPAÇAMENTOS ENTRE SEMENTES PARA A POSIÇÃO  
DA SEMEADORA INCLINADA 11 GRAUS À ESQUERDA



contém sempre em seu interior uma pequena quantidade de sementes independentemente destas variáveis.

O resultado obtido em relação ao nível de sementes no reservatório concorda com os de MOREIRA et alli (1978) e difere dos de CHHINNAN et alli (1975), BUTTIERRES (1980) e DELAFOSSE (1986); porém estes pesquisadores trabalharam com semeadoras, cujos mecanismos dosadores estão situados na parte inferior do reservatório de sementes.

A análise de variância efetuada para a velocidade de deslocamento da semeadora mostrou que não houve diferença significativa entre as velocidades estudadas sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes. Isto deve-se ao fato de que as velocidades periféricas do dosador correspondentes às três velocidades de deslocamento da semeadora estão dentro da faixa de velocidades periféricas que não diferem significativamente sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes obtidas na avaliação preliminar. O resultado obtido difere do apresentado por CHHINNAN et alli (1975), COSTA et alli (1978) e DELAFOSSE (1986), os quais obtiveram um decréscimo na uniformidade de distribuição longitudinal com aumentos na velocidade de deslocamento diferindo, também de BUTTIERRES (1980) que obteve um decréscimo na uniformidade de distribuição longitudinal com a diminuição da velocidade de deslocamento. Entretanto as semeadoras empregadas por estes pesquisadores possuíam um princípio de dosagem diferente da semeadora desenvolvida, além de não realizarem uma avaliação

preliminar para determinação da velocidade ótima de trabalho do mecanismo dosador.

O máximo coeficiente de variação obtido nos testes foi de 33,81 % bem inferior ao obtido por COSTA et alli (1979) que foi de 80 % e por BUTTIERRES (1980) que foi de 121,52 %. O máximo valor do desvio-padrão obtido foi de 13,69 inferior ao máximo obtido por DELAFOSSE (1986) que foi de 32,23. Estes resultados demonstram que a semeadora desenvolvida forneceu uma maior uniformidade de distribuição longitudinal de sementes que as demais semeadoras mecânicas de precisão testadas pelos pesquisadores citados acima. Esta maior uniformidade pode ser explicada pela concepção de projeto empregada no desenvolvimento da semeadora, na qual considerou-se a velocidade ideal de trabalho do mecanismo dosador, as dimensões ótimas das células dosadoras e o ponto ideal de liberação das sementes do mecanismo dosador. Além de o dosador trabalhar separadamente do reservatório de sementes e pela não necessidade do uso de tubo condutor de sementes que segundo BAINER (1947), FUTRAL & ALLEN (1951) e CHHINNAN et alli (1975) origina muitas variações na trajetória de queda das sementes alterando, assim, o tempo de queda das mesmas e, conseqüentemente, prejudicando a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.



## 5.5 RESULTADOS DE DANOS MECÂNICOS ÀS SEMENTES

### 5.5.1 EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA

Na Tabela 5.7 é apresentada a média da porcentagem de germinação de cada ensaio e do tratamento testemunha, bem como a média do índice de dano fisiológico e os valores de "t" calculados e o valor de "t" tabelado ao nível de 1 % de significância. O índice médio de dano físico não é apresentado na tabela pois, não foi verificado sementes quebradas nas amostras coletadas.

A Tabela 5, no Anexo, apresenta os valores da porcentagem de germinação das repetições de cada ensaio, bem como o índice de dano fisiológico.

TABELA 5.7 EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

velocidade (km/h)	P.G (%) arc sen		dano fis. (%)	t calcul.	t 0.995 tabel.
2,0	79,92	63,37	0,91	1,68	4,60
3,2	80,00	63,44	0,83	1,33	4,60
4,0	80,17	63,59	0,66	0,27	4,60
5,0	80,33	63,67	0,50	0,82	4,60
testemunha	80,83	64,04	-	-	-

### 5.5.2 EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO

A Tabela 5.8 apresenta a média da porcentagem de germinação de cada ensaio e do tratamento testemunha, bem como a média do índice de dano fisiológico, os valores de "t" calculados e o valor de "t" tabelado ao nível de 1 % de significância. O índice de dano físico não é apresentado na tabela, pois não foi verificado sementes quebradas nas amostras coletadas. A Tabela 6, no Anexo, apresenta os valores da porcentagem de germinação para as três repetições de cada ensaio, bem como o índice de dano fisiológico.

TABELA 5.8 EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

nível de sementes	(%)	P.G arc sen	dano fisiol. (%)	t calc.	t <sub>0.995</sub> tabel.
1/4	80,00	63,44	0,83	1,33	4,60
1/2	80,00	63,44	0,83	0,87	4,60
1/1	80,33	63,68	0,50	0,49	4,60
testemunha	80,83	64,04	-	-	-

Pela análise de variância realizada para nível de sementes e para velocidade de deslocamento da semeadora pôde ser observado que não houve diferença significativa entre cada um dos níveis de sementes do reservatório e o tratamento testemunha, bem como entre cada uma das velocidades e o tratamento testemunha; pois os valores de

"t" calculados foram todos menores que o valor de "t" tabelado.

Com relação ao nível de sementes no reservatório, o resultado obtido concorda com o apresentado por MOREIRA et alli (1978) e difere do apresentado por BUTTIERRES (1980), o qual obteve uma maior redução do poder germinativo com o reservatório de sementes cheio.

Com relação ao efeito da velocidade de deslocamento da semeadora, o resultado obtido concorda com o apresentado por BUTTIERRES (1980) e COSTA et alli (1984) e difere dos apresentados por BARMINGTON (1948), MOREIRA et alli (1978) e RAZERA (1979).

A discordância de resultados, deve-se ao fato de que estes pesquisadores empregaram em seus trabalhos, semeadoras cujos mecanismos dosadores eram de discos metálicos, tendo como eliminador do excesso de sementes um limitador metálico estacionário, bem como ejedor de sementes de mola. Segundo MOREIRA et alli (1978) o ponto principal de cisalhamento das sementes, neste tipo de dosador, ocorre na interface base do reservatório de sementes e lado inferior do disco dosador, pois a semente é cisalhada ao ficar presa entre a borda do orifício da base e o orifício do disco, devido à insuficiência de tempo para a saída da mesma para o tubo condutor.

Entretanto, o mecanismo dosador desenvolvido é constituído de uma correia dosadora flexível, uma escova giratória de cerdas flexíveis eliminadora do excesso de

sementes e não possui ejetor de sementes; podendo ser observado que as sementes têm contato somente com componentes flexíveis o que evita, assim, o problema de danos mecânicos. As sementes são liberadas das células dosadoras somente por meio da força gravitacional através do orifício existente na base do mecanismo dosador compreendido entre a escova eliminadora do excesso de sementes e a face lateral do mecanismo, sendo as sementes depositadas quase dentro do sulco de semeadura pelo fato da não necessidade do uso de tubo condutor, evitando com isso o cisalhamento de sementes no ponto de liberação do dosador.

Assim, devido às diferenças de projeto existentes entre as semeadoras convencionais e a desenvolvida, conseguiu-se evitar a ocorrência de danos mecânicos, mesmo para as velocidades maiores de avanço da semeadora.

## 5.6 CENTRO DE GRAVIDADE DA SEMEADORA

As coordenadas do centro de gravidade da semeadora calculadas são:

$$x = 544 \text{ mm}$$

$$y = 200 \text{ mm}$$

$$z = 0$$

A semeadora apresentou uma altura do centro de gravidade reduzida, situada abaixo do eixo da roda motriz,

favorecendo sua utilização em terrenos com topografia acidentada.

## 6. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões realizadas a partir dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório com o terceiro protótipo do mecanismo dosador adaptado; as quais são :

1- O desempenho operacional do mecanismo dosador desenvolvido e adaptado em uma estrutura convencional mostrou ser satisfatório, pois a avaliação realizada mostrou que:

1.1- O nível de sementes do reservatório não teve efeito estatisticamente significativo sobre a uniformidade de distribuição longitudinal e sobre o índice de danos mecânicos às sementes.

1.2- As velocidades de deslocamento da semeadora iguais a 2,7; 3,5 e 4,0 km/h não tiveram efeito estatisticamente significativo sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes e sobre o índice de danos mecânicos às sementes.

1.3- A posição da semeadora não teve efeito estatisticamente significativo sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

E a média da porcentagem de normais assumiu valores superiores à 91,6 % em todos os ensaios realizados.

2- As velocidades periféricas do mecanismo dosador de 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 m/s não diferiram estatisticamente sobre a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, J.B.dos. Avaliação do desempenho de semeadoras à tração animal na implantação de milho (Zea Mays L.) e feijão (Phaseolus vulgaris L.). Santa Maria, 1983. 90p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.
- AUTRY, J.W. & SCHROEDER, E.W. Design factors for hill-drop planters. Agricultural engineering, S<sup>t</sup> Joseph, MI, 34 (8): 525-7, 531, 1953.
- BAINER, R. Precision planting equipment. Agricultural Engineering, S<sup>t</sup> Joseph, MI, 28 (2): 49-54, 1947.
- BALASTERIRE, L.A. Máquinas agrícolas. São Paulo, Ed. Manole, 1987. 307p.
- BARMINGTON, R.D. The relation of seed, cell size and speed to beet planter performance. Agricultural Engineering, S<sup>t</sup> Joseph, MI, 29 (12): 530-2, 1948.
- BRAUNBECK, O.A. Adaptation of a pneumatic row crop planter for precision drilling of wheat. Michigan, 1973. 73p. Ms Thesis. Michigan State University.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Regras para análise de sementes. Brasília, 1976. 188p.
- BUFTON, L.P.; RICHARDSON, P.; O'DOGUERTY, M.J. Seed displacement after impact on a soil surface. J. Agric. Engng. Res., Silsoe, 12(4): 327-38, 1974.

- BUTIERRES, E. Análise de uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja. Santa Maria, 1980. 70p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria.
- CAMPOS, H. de. Estatística experimental não-paramétrica. 4.ed. Piracicaba, ESALQ, 1983. 349p.
- CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; YAMOKA, R.S.; ARAÚJO, A.G. de.; FIGUEIREDO, P.R.A.de. Estudo e caracterização de semeadoras a tração animal no Paraná. Informe da Pesquisa, IAPAR, Londrina, 11 (77): 1-48, out., 1987.
- CHANG, C.-S. A study of soybean precisinsg planter by using vertical outer ring rotating with rotary brush. Taiwan, 1965. 14p. (AE-M. Report n.8)
- CHANG, C.-S. Energia do melhor rural e equipamentos de preparo do solo. Campinas, FEAGRI-UNICAMP, 1983 (Apostila).
- CHHINNAN, M.S.; YOUNG, J.H.; ROHRBACK, R.P. Accuracy of seed spacing in peanuts planting. Trans. ASAE, S<sup>t</sup> Joseph, MI, 18(5):828-31, 1975.
- COSTA, J.A.; BERNARDI, J.A.; KURACHI, S.A.; MORAES, R.A.; MOREIRA, C.A.; RIBEIRO, M.F. Efeito da velocidade de deslocamento sobre características operacionais de semeadoras. Campinas, Instituto Agrônômico, 1984, 13p. (Boletim Técnico n.9)



- DANIEL, L.A.; CANTO, C.L.; MELLO, A.P.A. Levantamento do potencial de mecanização agrícola utilizado no Estado de São Paulo através da tração animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., Botucatu, 1986. Anais ... Botucatu, SBEA, 1986. p.307-8.
- DELAFOSSSE, R.M. Máquinas sembradoras de grão grosso: descripción y uso. Santiago, Chile, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 1986. 48p.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA S.A, Florianópolis. Plano integrado de pesquisa em sistemas diversificados de produção para pequenos propriedades. Florianópolis, 1986. 34p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Rio de Janeiro. Censo agropecuário do Brasil, 1975. Rio de Janeiro, 1979. 450p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Rio de Janeiro. Censo agropecuário do Brasil, 1980. Rio de Janeiro, 1984. 476p.
- FUTRAL, J.G. & ALLEN, R.J. Development of a high-speed planter. Agricultural Engineering, S<sup>t</sup> Joseph, MI, 32(4):215-6, 1951.
- GIANNINI, G.R.; CHANCELLOR, W.J.; GARRETT, R.E. A precision planter using vacuum for seed-pickup. Trans. ASAE. S<sup>t</sup> Joseph, MI, 10(5): 607-10, 14, 1967.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 12.ed. . Piracicaba, Ed. Nobel, 1987. 467p.

- GRECO, C.; MENEZES, J.F.de.; ARRUDA, P.E.de.; VIEIRA, P.R.; GOMES, R.M. Ensaio de semeadeira-adubadeira. Jundiaí, Divisão de mecanização Agrícola, 1968. 25p. (Relatório n.6)
- JAFARI, J.V. & FORNSTROM, K.J. A precision punch-planter for sugar beets. Trans. ASAE, St Joseph, MI, 15(3):569-71, 1972.
- KEPNER, R.A.; BAYNER, R.; BARGER, E.L. Principles of farm machinery. New York, John Wiley, 1978. 571p.
- KHAN, A.U. & MCCOLLY, H.F. High speed precision centrifugal seed planting. Trans. ASAE, St Joseph, MI, 14(5):972-80, 1971.
- MANTOVANI, E.C. Avaliação de desempenho de semeadoras-adubadoras de milho: Trabalho conjunto CNPMS/EMBRAPA e ABIMAQ-SINDIMAQ. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1988. 60p.
- MIALHE, L.G. Animais domésticos como fontes de potência. In: Máquinas motoras na agricultura. São Paulo, EPU-EDUSP, c1980. v.1, cap.2, p.52-73.
- MOREIRA, C.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; MENEZES, J.F.de.; COSTA, J.A.de S. Mecanismos dosadores-distribuidores de sementes. Campinas, Instituto Agrônômico, 1978. 22p. (Circular n.90)
- PARISH, R.L. Development of a narrow-row vertical plate planter. Trans. ASAE, St Joseph, MI, 14(4):636-7, 1971.
- PROVENZA, F. Projeta de máquinas. 5.ed. São Paulo, Escola Pro-Tec, 1984. 1v. (várias paginações).

- RAZERA, F.L. Efeito de danificações mecânicas causadas por semeadoras em sementes de soja. Piracicaba, 1979. 67p. Dissertação (Mestrado). ESALQ-USP.
- REIS, O.G.; FERREIRA, F.; BARROSO, E. Equipamentos agrícolas: apropriados ao pequeno produtor rural. Brasília, CNPq, 1983. 61p.
- REZENDE, C.A.P.de. Uso de bovinos em tração animal. Lavras, ESAL, 1985. 13p. (Boletim Técnico da ESAL, n.7)
- ROTH, L.O. & PORTERFIELD, J.G. Some basic performance characteristics of a 'horizontal plate seed metering device. Trans. ASAE, 3(2):105-7, 1960.
- SHIGLEY, J.E. Elementos de máquinas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; c1984. 2v.
- SILVEIRA, G.M.da. A tração animal. In: \_\_. Os cuidados com o trator. Rio de Janeiro, Ed.Globo, c1987. p.227-45, Anexo 3.
- SNEDECOR, G.W. Métodos estatísticos. Lisboa, Ministério da Economia, 1945. 469p.
- SPIEGEL, M.R. Estatística. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, c1971. 580p.
- WANJURA, D.F.; HUDSPETH JÚNIOR, E.B. Metering and seed-pattern characteristics of a horizontal edge-drop plate planter. Trans. ASAE, S<sup>c</sup> Joseph, MI, 11(4):468-69,73, 1968.
- WANJURA, D.F.; HUDSPETH JÚNIOR, E.B. A planter for precision depth and placement of cotton seed. Trans. ASAE, S<sup>c</sup> Joseph, MI, 13(1):153-4, 1970.

WILSON, J.M. The effect of release errors and the release point on the design of precision seed drills. J. Agric. Engng. Res., Silsoe, 25(4)407-19, 1980.

## B. ANEXO

TABELA 1. EFEITO DA VELOCIDADE PERIFÉRICA DO DOSADOR SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

veloc. (m/s)	rep.	normais (%)	duplos (%)	falhas (%)	média (mm)	D.P	C.V (%)
0,2	1	92,4	6,4	1,2	59,00	16,17	27,41
0,2	2	86,4	9,6	4,0	60,3	35,52	58,89
0,2	3	94,8	3,2	2,0	61,4	14,10	22,98
0,3	1	93,6	4,4	2,0	39,4	9,56	24,27
0,3	2	89,2	6,0	4,8	38,7	13,23	34,14
0,3	3	94,0	4,0	2,0	38,2	10,88	28,43
0,4	1	90,0	7,2	2,8	28,6	9,21	32,18
0,4	2	90,8	5,6	3,6	28,6	8,75	30,56
0,4	3	92,0	4,4	3,6	30,7	8,62	28,04
0,5	1	86,0	3,2	10,8	24,5	9,89	40,31
0,5	2	90,0	5,6	4,6	22,7	8,10	35,60
0,5	3	88,0	5,6	6,4	24,8	10,40	41,79
0,6	1	82,0	4,4	13,6	20,9	9,44	45,25
0,6	2	79,2	6,4	14,4	20,4	10,5	51,49
0,6	3	81,2	2,0	16,8	22,3	8,70	39,12
0,7	1	69,6	1,4	18,0	18,7	10,69	57,18
0,7	2	71,6	9,2	19,2	19,7	10,69	54,22
0,7	3	73,2	9,2	17,6	19,0	9,95	52,31

TABELA 2. EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

nível	rep	normais (%)	duplos (%)	falhas (%)	média (mm)	D.P	C.V (%)
1/1	1	89,2	5,6	5,2	37,3	13,09	35,09
1/1	2	95,6	1,2	3,2	40,7	11,17	27,44
1/1	3	91,6	2,0	6,4	41,8	13,78	32,90
1/4	1	93,2	2,4	4,4	40,4	11,83	29,28
1/4	2	95,2	0,8	4,0	38,4	12,34	32,12
1/4	3	97,6	-	2,4	41,5	8,68	20,93

TABELA 3. EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

veloc. (km/h)	rep.	normais (%)	duplos (%)	falhas (%)	média (mm)	D.P	C.V (%)
2,7	1	98,0	0,4	1,6	37,45	8,93	23,86
2,7	2	95,6	1,2	3,2	39,23	10,86	27,70
2,7	3	98,0	-	2,0	38,80	9,48	24,44
3,5	1	96,0	1,6	2,4	37,24	10,38	27,89
3,5	2	96,4	1,2	2,4	41,07	9,25	22,53
3,5	3	89,2	2,0	8,8	40,79	16,52	40,50
4,0	1	94,8	0,8	4,4	40,38	10,82	26,79
4,0	2	96,0	1,2	2,8	39,06	9,41	24,08
4,0	3	92,8	1,2	6,0	42,47	13,96	32,87

TABELA 4. EFEITO DA POSIÇÃO DA SEMEADORA SOBRE A UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES

posição	rep.	normais (%)	duplos (%)	falhas (%)	média (mm)	D.P	C.V (%)
nivel.	1	96,0	1,6	2,4	37,24	10,39	7,89
nivel.	2	96,4	1,2	2,4	41,07	9,25	22,53
nivel.	3	89,2	2,0	8,8	40,79	16,52	40,50
11º dir.	1	94,0	1,6	4,4	40,51	11,16	27,56
11º dir.	2	88,4	0,8	10,8	44,30	16,57	37,41
11º dir.	3	95,2	0,4	4,4	40,64	11,29	27,78
11º esq.	1	89,6	2,8	7,6	42,10	16,45	39,08
11º esq.	2	94,0	2,0	4,0	39,20	11,04	28,15
11º esq.	3	91,2	2,4	6,4	40,32	12,94	32,18

TABELA 5. EFEITO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA SEMEADORA  
SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

velocid. (km/h)	rep	P.G (%)	arc sen	dano fisilg. (%)
2,0	1	79,75	63,25	1,50
2,0	2	80,25	63,61	1,00
2,0	3	79,75	63,25	1,50
3,2	1	80,00	63,25	1,25
3,2	2	80,50	63,79	0,75
3,2	3	79,50	63,08	1,75
4,0	1	80,25	63,61	1,00
4,0	2	83,25	65,84	2,00
4,0	3	77,00	61,34	3,00
5,0	1	80,75	63,97	0,50
5,0	2	80,50	63,79	0,75
5,0	3	79,75	63,26	0,25

TABELA 6. EFEITO DO NÍVEL DE SEMENTES NO RESERVATÓRIO  
SOBRE O ÍNDICE DE DANOS MECÂNICOS

nível	rep	P.G (%)	arc sen	danos fisilg. (%)
1/1	1	79,50	63,08	1,75
1/1	2	81,75	64,71	0,50
1/1	3	79,75	63,25	0,25
1/2	1	80,25	63,61	1,00
1/2	2	81,00	64,16	0,25
1/2	3	78,75	62,55	1,25
1/4	1	80,00	63,45	1,25
1/4	2	80,50	63,79	0,75
1/4	3	79,50	63,08	0,50