

**SUSCETIBILIDADE DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. GOIANO
PRÉCOCE, A INUNDAÇÕES TEMPORÁRIAS DO SISTEMA RADICULAR
EM DIFERENTES FASES DO SEU CICLO VEGETATIVO.**

ELIO LEMOS DA SILVA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. DÉCIO EUGÊNIO CRUCIANI

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do Título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Março, 1982

A meus pais Sebastião Lemos e Maria
Borges, à minha esposa Lucélia, à
minha filhinha Poliana, e a todos
que contribuem para minha vivência
feliz

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", pela acolhida e efetivo apoio recebido.

Ao PRODECA - Programa de Desenvolvimento das Ciências Agrárias, pelo auxílio financeiro recebido.

Ao Professor Dr. Décio Eugenio Cruciani pela segura orientação dedicada, sobretudo pela amizade e estímulo no decorrer do curso e realização deste trabalho.

Ao corpo docente do curso de mestrado em Irrigação e Drenagem da ESALQ-USP, em nome do seu coordenador Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta, pelos ensinamentos adquiridos.

Ao Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ-USP na pessoa do Prof. Dr. Keigo Minami pela concessão da casa de vegetação e vasos.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Silveira pela colaboração e sugestões recebidas.

Ao Centro de Processamento de Dados da Escola Superior de Agricultura de Lavras na pessoa do Prof. Paulo César Lima pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao Colega e amigo Mozart Martins Ferreira pela colaboração recebida.

Ao Pesquisador José Romero C. Purcino pelas sugestões e colaboração.

Aos Colegas de curso, pela amizade e,

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Aeração do solo	5
2.2. Sensibilidade das culturas	8
2.3. Considerações sobre o feijoeiro	10
3. MATERIAL E MÉTODO	15
3.1. Local	15
3.2. Esquema experimental	15
3.3. Vasos	16
3.4. Solo, calagem e adubação	17
3.5. Cultivar, sementes e semeadura	19
3.6. Aplicação de água	21
3.7. Inundação	25
3.7.1. Duração da inundação	26
3.8. Fases do ciclo vegetativo do feijoeiro	26
3.9. Parâmetros para análise	28

3.9.1. Determinação do peso da raiz seca.....	28
3.9.2. Número de vagens por planta	28
3.9.3. Número de grãos por vagem	29
3.9.4. Produção de grãos por planta	29
3.9.5. Altura da planta	29
3.9.6. Área foliar	29
3.10. Cronograma de operações	30
3.11. Colheita	31
4. RESULTADOS E DICUSSÃO	32
4.1. Variação da umidade com o tempo (θ vs t)...	32
4.2. Peso da raiz seca (gramas)	40
4.3. Número de vagens por planta	44
4.4. Número de grãos por vagem	49
4.5. Produção de grãos por planta	52
4.6. Altura das plantas (cm)	56
4.7. Área foliar (cm ²)	58
4.7.1. Inundações não intermitentes	62
4.7.1.a. Área foliar na primeira determinação...	62
4.7.1.b. Área foliar na segunda determinação....	62
4.7.1.c. Área foliar na terceira determinação...	64
4.7.2. Inundações intermitentes	66
4.7.2.a. Área foliar na primeira determinação...	66
4.7.2.b. Área foliar na segunda determinação....	67
4.7.2.c. Área foliar na terceira determinação...	68

5. CONCLUSÕES	71
6. LITERATURA CITADA	72

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Resultado da análise granulométrica da terra usada, efetuada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural (DER) da ESALQ.....	18
2	Resultado da análise de fertilidade da terra usada, efetuada no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos e Geologia da ESALQ.....	18
3	Recomendações de calagem e adubação (mg/6,0 litros).....	19
4	Teores de umidade em diferentes tensões, do solo usado no enchimento dos vasos (atm./volume).....	24
5	Cronograma de operações	31
6	Peso da raiz seca, dos diferentes tratamentos , obtido no final do ciclo do feijoeiro (gramas / planta)	40
6.1.	Análise de variância do parâmetro peso da raiz seca	41
6.2.	Teste de média - DUNCAN 5% para o parâmetro peso da raiz seca	42

TABELA	Página
7	Número de vagens por planta, obtido pela média entre duas plantas por vaso, para os diferentes tratamentos nas quatro repetições 44
7.1.	Análise de variância do parâmetro número de vagens por planta 45
7.2.	Teste de média - DUNCAN 5% - para número de vagens por planta 46
8	Número de grãos por vagem nos diferentes tratamentos, nas quatro repetições 49
8.1.	Análise de variância de número de grãos por vagem 51
8.2.	Desdobramento da interação tempo x fase e teste de média - DUNCAN 5% para número de grãos por vagem 51
9	Produção de grãos por planta obtida em gramas, com umidade corrigida para 14%, para os diferentes tratamentos nas quatro repetições 52
9.1.	Análise de variância de produção de grãos por planta 52
9.2.	Teste de médias - DUNCAN 5% - para produção de grãos por planta em gramas/planta 54
10	Resultados de altura da planta obtidos em centímetros, na época da colheita para os diferentes tratamentos nas quatro repetições 56

TABELA	Página
10.1. Análise de variância de altura das plantas (cm)..	57
10.2. Desdobramento da interação tempo x fase, e teste de média, DUNCAN 5%	57
10.3. Teste de médias - DUNCAN 5% para inundação intermitente para dados de altura de planta	58
11 Área foliar cm ² /planta na primeira determinação (18/10/79)	59
11.1. Análise de variância da área foliar cm ² /planta , determinado 15 dias após a emergência das plântulas (primeira determinação)	62
11.2. Análise de variância de área foliar (cm ² /planta) com determinação feita oito dias após- la. inundação	66
12 Área foliar em cm ² /planta na segunda determinação (02/11/79)	60
12.1. Análise de variância da área foliar (cm ² /planta) determinada 30 dias após a emergência das plântulas (segunda determinação)	62
12.2. Teste de média - DUNCAN 5% - para área foliar - (cm ² /planta) na segunda determinação	63
12.3. Análise de variância de área foliar (cm ² /planta) com determinação feita oito dias após a 2a. inundação	67

TABELA

Página

13	Área foliar em cm^2 /planta na terceira determinação (18/11/79)	61
13.1.	Análise de variância da área foliar (cm^2 /planta) determinada 46 dias após a emergência das plântulas (terceira determinação).....	64
13.2.	Teste de média - DUNCAN 5% - para área foliar (cm^2 /planta) na terceira determinação	65
13.3.	Análise de variância de área foliar (cm^2 /planta) com determinação feita oito dias após a 3a. inundação.....	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Disposição dos vasos sobre tablado de madeira mostrando a casualização na distribuição dos tratamentos	15
2	Dimensões do vaso usado no experimento (medidas internas em centímetros)	16
3	Tensiômetro com Manômetro de Mercúrio usado para determinar o momento de irrigação	22
4	Curva característica de umidade do solo usado, com amostra tirada no ponto médio da camada formada no vaso. (Ψ_m = log. de atm.; $\theta\%$ = % de água com base em volume).....	23
5	Processo usado para manutenção de uma lâmina constante de água de inundação	25
6	Variação de umidade com o tempo, do tratamento que não sofreu inundação ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}/\text{dias}$).	33
7	Variação de umidade com o tempo, dos tratamentos inundados na fase de pós-emergência ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}/\text{dias}$).....	34

FIGURA		Página
8	Variação de umidade com o tempo, dos tratamentos inundados na fase correspondente ao período médio do desenvolvimento vegetativo ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)	35
9	Variação de umidade com o tempo dos tratamentos inundados no início do florescimento ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)	36
10	Variação de umidade com tempo dos tratamentos inundados no início da frutificação ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)	37
11	Variação de umidade com o tempo dos tratamentos inundados no início da maturação ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)	38
12	Variação de umidade com o tempo dos tratamentos de inundação intermitente ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)	39

SUSCETIBILIDADE DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. GOIANO
PRECOCE, A INUNDAÇÕES TEMPORÁRIAS DO SISTEMA RADICULAR EM
DIFERENTES FASES DO SEU CICLO VEGETATIVO

Autor : Elio Lemos da Silva

Orientador : Décio Eugenio Cruciani

RESUMO

Realizou-se no Departamento de Engenharia Rural (DER) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) em Piracicaba, SP, um estudo com o objetivo de determinar a fase do ciclo vegetativo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) mais suscetível ao efeito da falta ou má aeração no solo por ação de inundação do sistema radicular, a fim de se conhecer o fator tempo necessário para o rebaixamento do nível freático em um projeto de drenagem.

Foram testadas em vasos em casa de vegetação, três durações de inundação do sistema radicular do feijoeiro (dois, quatro e seis dias), em cinco fases do ciclo vegetativo: pós-emergência, período médio do desenvolvimento vegetativo, início de florescimento, início de frutificação e início de maturação.

Além destes tratamentos onde cada um constou de

um só tempo de duração da inundação em uma única fase do ciclo, dois outros foram testados, com ocorrência de repetição na inundação para uma mesma planta (tratamentos I₂ e I₄), correspondendo a inundações a cada quinze dias, com duração de dois e quatro dias respectivamente .

Um tratamento mantido em condições ideais de umidade do solo, foi a testemunha.

Usou-se para manutenção da água na superfície do solo durante o tempo de inundação, um sistema de vasos comunicantes de nível constante (princípio de "Mariotte").

Foram analisados os seguintes parâmetros :

- Peso da raiz seca (gramas/planta);
- Número de vagens por planta;
- Altura da planta (centímetros);
- Área foliar (cm²/planta);
- Produção por planta.

Todos os parâmetros foram afetados pela inundação do sistema radicular, destacando-se a produção por planta onde mesmo com apenas dois dias de duração da inundação, a redução foi relevante, comparando-se com o tratamento mantido em condições ideais de umidade do solo.

As fases início de florescimento e início de frutificação mostraram-se as mais sensíveis à má aeração do

solo.

No caso da planta ter sofrido inundações por repetidas vezes, o prejuízo de produção foi maior comparando - se à produção obtida dos tratamentos inundados apenas nas fases mais sensíveis.

A conclusão principal a que se chegou, é que não se admite nem mesmo dois dias de inundação da zona das raízes do feijoeiro, para que não haja perda na produção, ficando em aberto o estudo com tempo menor de inundação nas fases que se mostraram as mais sensíveis.

SUSCEPTIBILITY OF BEAN PLANT (*Phaseolus vulgaris* L.), GOIANO PRECOCE VARIETY, TO TEMPORARY FLOODINGS OF THE ROOT SYSTEM IN THE DIFFERENT PHASES OF IT VEGETATIVE CYCLE.

Author : Elio Lemos da Silva

Adviser : Décio Eugenio Cruciani

SUMMARY

This work was carried out in Department of Rural Engineering of "Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirões" (ESALQ) in Piracicaba São Paulo - Brasil, with the objective of determining the stage of vegetative cycle of beans plant (*Phaseolus vulgaris* L.) which showed to be more sensitive to the effect of either the lack or bad soil aeration caused by water excess in the root system, in order to find out the effect of the time required to degrade the water table in a drainage design.

They were studied in vases in a greenhouse, 3 durations of the flooding of the bean root system (2, 4, and 6 days) at about 5 stages of the vegetative cycle: after germination stage; development of vegetative growth, anthesis, pod initiation and maturation initiation stages.

Beside these treatments, where each one consis-

ted of only one time of the duration of flooding in a single stage of the cycle, 2 extra treatments were studied with the flood's repetition for the same plant (treatments I₂ and I₄) that were flooded every 15 days during 2 and 4 days respectively.

A special treatments under optimum conditions of the soil moisture content was the control.

In order to support the water in the soil surface during the flooded time, a system of communicating vases of constant level (Mariott Principle) was used.

The following parameters were analysed :

- Dry root weight (grs./plant)
- Number of pods per plant
- Plant Height
- Foliar area (cm²/plant)
- Yield per plant.

All these parameters were affected by the flooding of the root system, specially yield per plant even where flooded for 2 days, showed a significant reduction, compared with the treatment maintained under optimum conditions of the soil moisture content.

The anthesis and pod initiation stages were the most sensitives to poor soil aeration conditions.

In those treatments which suffered intermittent flooding the yield decreased, when compared with the treatments that were flooded only in the sensitive stage to water excess.

The principal conclusion of this work research is that bean plant do not support flooding even for to 2 consecutive days in the root system. Aditonal works are suggested in order to determine a shorter flooding period in those sensitive stages to water excess.

1. INTRODUÇÃO

As plantas podem sofrer com excesso de umidade, do mesmo modo que podem sofrer com a deficiência. Para o correto projeto de um sistema de drenagem ou planejamento de práticas de irrigação, é necessário conhecer o período de tempo em que o solo pode ser inundado sem causar danos à cultura.

A cultura do feijão tradicionalmente plantada em Minas Gerais, na maioria das vezes é feita em consorciação com a do milho. Além de estar sujeita às condições adversas do clima, em seu cultivo, pouca ou nenhuma tecnologia é utilizada, trazendo como consequência a obtenção de baixas produtividades. No ano agrícola 78/79, esta cultura ocupou no Estado uma área de 450.000 ha, e a produtividade foi de 446 kg/ha

(SILVA-1980).

Com a incorporação das áreas de várzeas no processo produtivo do Estado, esta cultura passou a constituir uma opção que vem conquistando importância, dia a dia. Em vista do feijão ser uma cultura que tem período vegetativo curto, pode ser muito útil nas rotações.

No aproveitamento das várzeas, já existe uma certa tendência dos produtores em fazer o sistema de rotação arroz-feijão, sendo que na última cultura eles preferem variedades mais precoces, o que lhes possibilitam desocupar a área em menor espaço de tempo.

As cultivares de feijão precoce, atualmente existentes em Minas Gerais, são reduzidas a pequeno número, plantadas em terrenos elevados, e estão entre as menos produtivas. Pode-se também afirmar que são mais sujeitas a insucessos. Poucos dias de veranico são suficientes para danificar a cultura, sem que haja possibilidade de recuperação, uma vez que o ciclo vegetativo é bastante curto. Por outro lado, poderá ser mais vantajoso o plantio de uma cultivar menos produtiva, mas que possibilite a colheita em menor espaço de tempo, deixando a área apta a receber outra cultura.

Em determinadas regiões, já se verifica uma maior evolução do cultivo do feijão, mas os reflexos na produ-

ção total do Estado são ainda pouco significativos e, muitos problemas são encontrados, dentre os quais, o tipo de várzea é o de maior importância pois, está diretamente relacionado com excesso de umidade, quando não apresenta drenagem adequada.

Um dos aspectos mais importantes a ser caracterizado em projetos de drenagem agrícola é o intervalo de tempo dentro do qual o excesso de água deve ser removido do solo antes de causar prejuízos à cultura. Essa velocidade de remoção de água é expressa geralmente em mm/dia ou l/s.ha e é denominada "coeficiente de drenagem". Entretanto, nos projetos é o fator tempo o parâmetro mais difícil de ser adotado, pelo desconhecimento da sensibilidade das plantas ao excesso de água. Esse é portanto um aspecto negativo relevante porque o coeficiente de drenagem influe diretamente no espaçamento correto e no dimensionamento dos drenos.

Tentar implantar um projeto de drenagem sem o conhecimento desse parâmetro poderá acarretar prejuízos intoleráveis tanto fisiológicos como econômicos, semelhante ao que ocorreria num projeto de irrigação onde o uso consuntivo da planta fosse ignorado.

As necessidades crescentes de irrigação em diferentes latitudes exigiram e têm estimulado estudos específicos quanto à evapotranspiração das culturas. A literatura em geral é prolífica e detalhada quanto aos efeitos do déficit de

água às culturas porém é muito genérica quanto ao problema do excesso de água no solo.

Sabe-se que o lençol freático restringe o desenvolvimento radicular, pois abaixo do nível freático não há aeração natural e, sem aeração as raízes não se desenvolvem. Falta informação relativa ao tempo de tolerância de uma cultura, qualquer que seja ela, com seu sistema radicular totalmente submerso, isto é, com o nível freático na superfície do solo. É este tempo de tolerância que interessa aos projetos de uma drenagem artificial.

Por esses motivos e por ser de grande interesse à drenagem na agricultura esse estudo foi proposto como passo inicial esperando que com o aprimoramento do método, sucessivas investigações possam ser efetuadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aeração do solo

Segundo KRAMER e JACKSON (1956), a deficiência de oxigênio ao sistema radicular é o fator mais importante em determinar danos às plantas submetidas ao excesso de umidade.

Para HARRIS e BAVEL (1957), de modo geral as funções da planta não apresentam apreciável redução até que a concentração de dióxido de carbono no solo venha a ser maior que a concentração de oxigênio.

RUSSEL citado por GILBERT e CHAMBLEE (1959) determinou que a condição de aeração do solo influe no consumo de água pelas plantas e que, uma concentração elevada de dióxido

do de carbono provavelmente reduz a permeabilidade das raízes devido à sua ação letal sobre as células. Uma das características dos solos inundados, afirmam LETEY *et alii* (1962), é a deficiência de oxigênio requerido para a respiração das raízes, acompanhada de um acréscimo na concentração de CO₂. Além de suprir a necessidade de respiração das raízes, a aeração do solo é necessária para a absorção mineral pelas plantas. CURRIE (1962) acrescenta que o requerimento em oxigênio do solo também é necessário pelos organismos que vivem em condição de aerobiose.

Segundo WILLIAMSON (1964) e WILLIAMSON e SCHILF GARDE (1965), a aeração do solo é tão importante para suprir de oxigênio as raízes tanto quanto para remoção do CO₂ e outras substâncias tóxicas. Para estes pesquisadores, num solo sob condições de excesso de umidade, a aeração inadequada é o principal fator na inibição do bom desenvolvimento da planta.

Na aeração do solo, um índice bastante empregado é a "Taxa de Difusão de Oxigênio" (TDO). Para a maioria das culturas, quando a TDO é menor que $20 \cdot 10^{-8}$ gramas de O₂ x cm⁻² x min⁻¹, o crescimento das raízes é retido. Valores menores que 40×10^{-8} gramas de O₂ x cm⁻² x min⁻¹ de TDO são críticos para a maioria das plantas, segundo STOLZY e LETEY (1964).

De acordo com HILLER (1969), de modo geral, um alto nível de umidade do solo não é necessariamente prejudicial para o crescimento das plantas, se tal condição não interferir com a aeração do solo.

Havendo interferência da umidade do solo na aeração, a insuficiência de oxigênio submete as plantas à condição de respiração anaeróbica-fermentação de carboidratos, transformando-se em álcool e produção de somente uma pequena quantidade de energia (KRAMER, citado por YU *et alii*, 1969); esta energia produzida não é suficiente para o metabolismo normal, e, em consequência disto, algumas células da raiz morrem e apodrecem sob inundação prolongada do solo.

Em solo sob condições normais, as raízes recebem oxigênio proveniente da atmosfera por difusão. A partir do momento em que o solo é inundado, a difusão de oxigênio através do solo é grandemente reduzida pelo fato do baixo coeficiente de difusão do oxigênio na água. Em outras palavras, ROWE (1973) diz que quando o teor de umidade excede a capacidade de campo, restringe-se a difusividade entre o solo e a atmosfera. MILLAR (1974) em trabalho de revisão afirma que a difusão de oxigênio no solo é 1000 a 10.000 vezes maior que na água.

Os níveis baixos de oxigênio não se encontram necessariamente limitados aos solos tipicamente saturados, po-

dendo surgir temporariamente em solos com drenagem lenta, imediatamente após uma chuva ou irrigação.

Em condição de várzeas, o excesso de umidade predispõe o solo a permanecer com o lençol freático próximo à superfície, limitando o desenvolvimento normal do sistema radicular das culturas. Assim, com a finalidade de se dispor de um meio adequado para o cultivo, se aplicam técnicas de drenagem com o objetivo de rebaixar o lençol freático, melhorando assim as condições de aeração do solo, podendo resultar em um acentuado aumento dos rendimentos e melhor qualidade dos produtos.

2.2. Sensibilidade das culturas

LETEY *et alii* (1962) declaram que o número de dias nos quais um solo pode permanecer inundado sem sérios danos às culturas, depende do estágio de crescimento da parte aérea e das raízes. A esta declaração, é acrescentado por HOSNER e LEAF (1962) o fato de que as tolerâncias relativas das espécies à saturação do solo dependem da habilidade do sistema radicular em se desenvolver sob condições de aeração deficiente ou da capacidade de compensar a pobre aeração do sistema radicular normal pela produção de sistema adventício.

STOLZY e LETEY (1964) informam que, de modo

geral os períodos de florescimento e frutificação são os mais sensíveis a aeração deficiente, exigindo maiores TDO. (Taxas de Difusão de Oxigênio).

Além do estágio de crescimento da cultura, PEARSON (1965), WILLIAMSON e KRIZ (1970) e ANAYA e STOLZY (1972) acrescentam que o nível de sensibilidade à deficiência de aeração varia consideravelmente com as espécies.

Trabalho de GOINS *et alii* (1966) com tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), milho (*Zea mays* L) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), visando observar a produção de matéria seca com as culturas em condições de diferentes alturas do lençol freático, notaram diferenças de produção bem mais acentuadas para as duas primeiras culturas, com maior produção quanto mais profundo o lençol freático. Houve um destaque do milho que, em solo argiloso, para a mesma profundidade do lençol, teve produção menor. Isto se deve à ascensão capilar que promove a formação de uma franja capilar maior nos solos de textura mais fina. O feijão apresentou acréscimo de produção com acréscimo de profundidade do lençol freático somente em solo arenoso. Estes pesquisadores, na discussão do trabalho, afirmam que, além dos fatores de nutrição, o efeito do nível freático no uso consuntivo das plantas varia também com o estágio de crescimento.

Estudando também as reações das plantas ao ex -

cesso de umidade, DUTHION e MINGEAU (1976) afirmam que há notáveis diferenças no comportamento de plantas de espécies diferentes. Segundo estes pesquisadores, algumas espécies, dentre as quais o "lírio teotônico" (*Iris germanica*), são capazes de resistir ao acentuado excesso de umidade através de uma adaptação metabólica (metabolismo de ácidos orgânicos). Uma adaptação morfológica, como por exemplo, a emissão de raízes adventícias é observada no milho cultivado em solução. O arroz, pela elevada porosidade de suas raízes, consegue desenvolver-se em condições de total saturação do solo, apresentando um metabolismo particular dentre as espécies tolerantes ao excesso de umidade do solo.

2.3. Considerações sobre o feijoeiro

BERGMAN, já em 1920, conforme cita LUTHIN (1974, pág. 581), observou que feijões das espécies *Impatiens* e *Pelargonium*, cultivadas em vasos, desenvolveram raízes adventícias ao nível da água, numa semana ou dez dias depois da saturação e inundação, e daí por diante, as plantas foram capazes de sobreviverem sem aeração artificial.

O lançamento de raízes adventícias é portanto, uma forma de defesa da planta para obter o oxigênio ausente no solo cujos poros estão totalmente ocupados por água.

MENEZES e PINTO (1968) trabalhando com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Baixada Fluminense, constataram uma elevada redução na produção da cultura submetida a excesso de umidade do solo por ocasião da fase de florescimento-frutificação. Para esta condição de excesso de umidade, foi obtida uma produção de 56 kg/ha enquanto que, mantendo-se a umidade do solo em torno da capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura, a produção obtida foi de 1042 kg/ha, isto é, 18,6 vezes mais. Isto prova que a cultura do feijão, é altamente sensível ao excesso de umidade.

WILLIAMSON (1968) verificou a sensibilidade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), estudando o efeito da profundidade do lençol freático no rendimento da cultura. Constatou que com o lençol freático a 15,2 cm de profundidade (excesso de umidade), a produção foi aproximadamente a metade da obtida com o lençol a 30,5 cm de profundidade.

Segundo DASBERG e BAKKER (1970), diferentes condições de umidade do solo podem mostrar o efeito da aeração sobre o desenvolvimento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pela avaliação das seguintes propriedades dinâmicas do solo: a) Variação na quantidade de ar do solo; b) Coeficiente de difusão de oxigênio no solo; c) Variação na concentração de O₂ e CO₂ no solo com a profundidade e com o tempo; d) Espessura do filme de água envolvendo as raízes. Estes pesquisadores encontraram

em trabalho com feijão, uma boa correlação entre Taxa de Difusão de Oxigênio (T.D.O.) e crescimento da planta. A produção do sistema radicular foi afetada muito pouco, mas, a profundidade de penetração das raízes foi fortemente afetada pelos diferentes regimes de irrigação, sendo que, quanto menor o intervalo entre as irrigações, maior foi a concentração das raízes na superfície.

FORSYTHE e PINCHINAT (1971) e FORSYTHE e LEGARDA (1978) trabalhando com o feijão vermelho cv. 27-R, constataram uma forte redução no rendimento - cerca de 90% - da cultura submetida a 5 (cinco) inundações semanais por períodos de 12 (doze) horas.

Estudando o efeito da infecção do fungo do apodrecimento de raízes, *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, MILLER e BURKE (1977) observaram que o dano causado pelo patógeno é maior quando a cultura do feijão é submetida a curtos períodos de deficiência quase total de oxigênio no ar do solo, do que quando as plantas crescem em solos bem aerados. O experimento foi feito em condição de campo com repetição em laboratório, permitindo a conclusão de que o aumento do apodrecimento das raízes em condições de baixas taxas de difusão de oxigênio é a causa principal do atrofiamento das plantas e a redução no rendimento resultante da excessiva umidade do solo em áreas infectadas por *Fusarium*.

Trabalho do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT-1978), onde diferentes variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram submetidas à condição de excesso de umidade de 12 (doze) dias após a emergência até a maturidade fisiológica prova que, existem grandes diferenças genéticas para resistência ao excesso de umidade.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Local

O experimento foi montado em casa de vegetação do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" (ESALQ) em Piracicaba - SP.

3.2. Esquema experimental

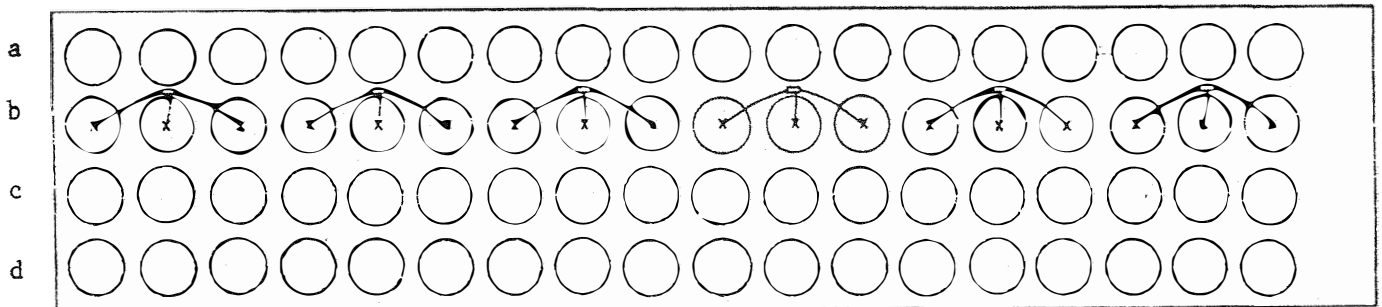
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial totalizando 18 tratamentos com 4 repetições; constituindo os tratamentos :

- Três critérios de duração da inundação: 2, 4 e 6 dias;
- Cinco fases da cultura submetidas a inundação: fase A (pós-emergência), fase B (período médio do desenvolvimento vegetativo), fase C (início do florescimento), fase D (início de frutificação), fase E (início de maturação);
- Duas inundações intermitentes de 2 a 4 dias : I₂ e I₄ ;
- Uma testemunha que só recebeu água de manutenção.

Assim foram estabelecidas 5 fases do ciclo vegetativo do feijoeiro, sendo cada uma submetida a três diferentes períodos de inundação do sistema radicular.

Os vasos correspondentes aos tratamentos acima descritos foram dispostos sobre um tablado de madeira de 0,50 m de altura, 6,70 m de comprimento por 1,50 m de largura, conforme mostra a Figura 1.

A₂ I₂ I₄ C₂ E₆ T B₂ B₄ A₄ C₆ A₆ D₂ D₆ E₄ C₄ B₆ D₄ E₂



A, B, C, D e E - fases do ciclo submetidas a inundação
 2, 4 e 6 - duração da inundação em dias
 T - Testemunha

x - Tensiômetro
 □ - Manômetro de coluna de mercúrio

FIGURA 1 - Disposição dos vasos sobre tablado de madeira mostrando a casualização na distribuição dos tratamentos.

3.3. Vasos

Os vasos, todos com dimensões iguais, apresentavam diâmetro interno de 0,25 m na boca e 0,11 m no fundo, com altura de 0,25 m e um volume total de 6,7 litros (Figura 2).

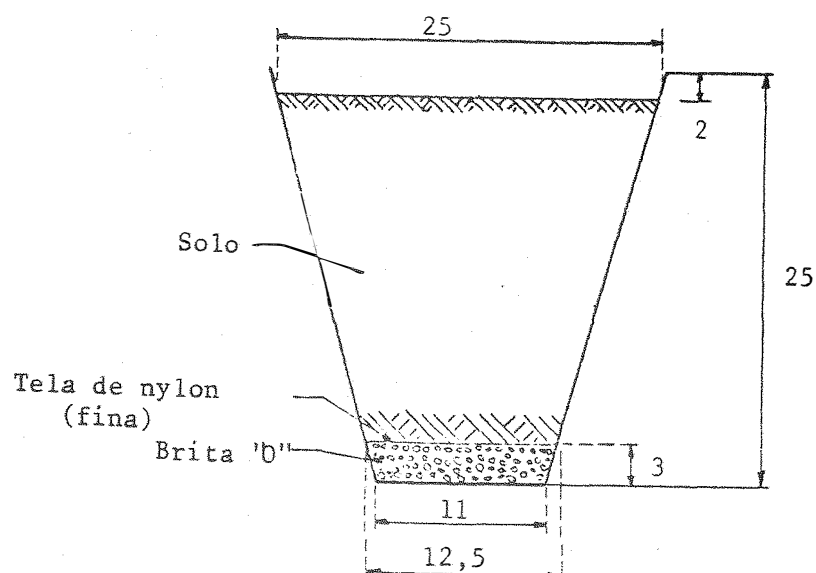


FIGURA 2 - Dimensões do vaso usado no experimento (medidas internas em centímetros).

Estes vasos foram confeccionados especialmente para o experimento, possuindo um orifício lateral tangente ao fundo, de diâmetro 3/8", onde foi inserido e fixado um tubo metálico de 0,05 m de comprimento e de diâmetro equivalente ao do orifício no vaso, com uso de massa adesiva do tipo "du-

repxi".

Todos os vasos receberam pintura na parede interna com duas demãos de tinta plástica a fim de impedir a perda de água por infiltração.

Os vasos foram enchidos de maneira a conter um volume idêntico de solo, ou seja, o mesmo peso. Para isto, fez-se uso de uma balança tipo prato, com capacidade para 15 kg com divisão de 1,0 g.

No fundo do vaso foi colocada uma camada de 3 cm de brita zero, a fim de facilitar a drenagem livre do excesso de água.

3.4. Solo, calagem e adubação

A terra usada no experimento foi resultante de uma homogeneização da camada superficial de um solo caracterizado como Regossol por RANZANI (1966), retirada no local denominado "Sertãozinho", no município de Piracicaba - Estado de São Paulo.

Os resultados das análises granulométricas e de fertilidade estão apresentados nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

TABELA 1 - Resultado da análise granulométrica da terra usada, efetuado no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural (DER) da ESALQ.

Muito grossa	Grossa	Areia (%)				Total	Silte (%)	Argila (%)
		Média	Fina	Muito fina				
0,35	1,74	14,38	39,54	7,92	63,93	11,81	24,26	

TABELA 2 - Resultado da análise de fertilidade da terra usada, efetuada no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos e Geologia da ESALQ.

pH	%C	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺
5,2	0,33	0,027	0,04	0,86	0,26	0,96	3,68

Pelo triângulo do USDA, o solo usado inclui-se na classe areno-argilo-barrenta.

A terra recebeu calagem, usando carbonato de cálcio puro na base de 6000 mg por 6 litros de terra, segundo recomendações do Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos e Geologia da ESALQ (Tabela 3).

TABELA 3 - Recomendações de calagem e adubação (mg/6,0 litros)

Sulfato de Amônio	Superfosfato Simples	Cloreto de Potássio	Carbonato de Cálcio
350	1540	231	6000

Após receber calagem, a terra foi umedecida até 80% de sua capacidade de campo e guardada em caixa de cimento-amianto para proteção de chuva e sol durante dez dias. Logo após, fez-se a adubação recomendada com fósforo e potássio, usando-se de tambor misturador.

Ao ser colocada nos vasos, a terra foi levemente compactada de modo a atingir um valor aproximado na densidade global, de $1,47 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, que foi determinado num experimento preliminar.

O nitrogênio foi aplicado na água de irrigação, parcelado em duas vezes, sendo a primeira aplicação feita 15 dias após a germinação e a segunda, no início do florescimento.

3.5. Cultivar, sementes e sementeira

A cultivar usada no experimento foi a 'Goiano Precoce', com sementes procedidas da Estação Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisas Agropecuárias de Minas Gerais) em

Patos de Minas - MG, apresentando 98% de poder germinativo, uma semana antes da sementeira.

As sementes sofreram um tratamento com o fungicida Captan a 0,2% e posteriormente foram colocadas, por uma semana, em câmara seca (dessecador de sílica), onde permaneceram até a data da sementeira.

A sementeira foi feita no dia 28/09/79 (experimento definitivo) com quatro sementes por vaso, colocadas numa profundidade de aproximadamente 2,0 cm.

O solo foi umedecido a fim de promover a germinação que foi uniforme, ocorrendo praticamente numa mesma data (03/10/79). Sete dias após a emergência, isto é, no dia 10/10/79, foi feito o desbaste deixando-se apenas duas plantas por vaso.

Apesar da cultivar usada ser de porte ereto e hábito de crescimento determinado (observação de campo), notou-se no pré-experimento, uma alongação das plantas com tendência ao tombamento. Para o experimento definitivo, procedeu-se então o tutoramento das plantas fazendo-se uso de varas de bambú dispostas em triângulo, cravadas próximas à parede do vaso e envoltas por barbante até a altura de aproximadamente 40 cm. Este tutoramento foi providenciado imediatamente após o desbaste das plantas, para não afetar o sistema radicular, com a introdução das varetas.

3.6. Aplicação de água

Instalou-se em uma das repetições e para cada tratamento, ainda antes da sementeira, um tensiômetro com manômetro de coluna de mercúrio, na profundidade de 10 cm (Figura 3). Cada tensiômetro foi previamente testado no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ.

A aplicação de água para o desenvolvimento das plantas foi feita com base na curva característica de umidade determinada após o pré-experimento, quando o solo no vaso apresentava compactação natural cujo valor da densidade global encontrado foi de $1,47 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$.

No pré-experimento, a aplicação de água foi feita baseada nos valores médios de tensão para 0-45 cm de profundidade, encontrados por SCARDUA (1972) para o solo usado.

Sendo o solo arenoso, considerou-se sua capacidade de campo ao ponto na curva característica equivalente ao teor de umidade retido sob tensão de 0,06 atm., baseado em FRANZMEIER *et alii* (1960) e MARCOS (1971).

Os teores de umidade em diferentes tensões apresentados pelo solo estão indicados na Tabela 4. Estes resultados foram obtidos a partir de 3 repetições no Laboratório de Solos do DER-ESALQ, com os quais confeccionou-se a curva caracte

terística de umidade da Figura 4.

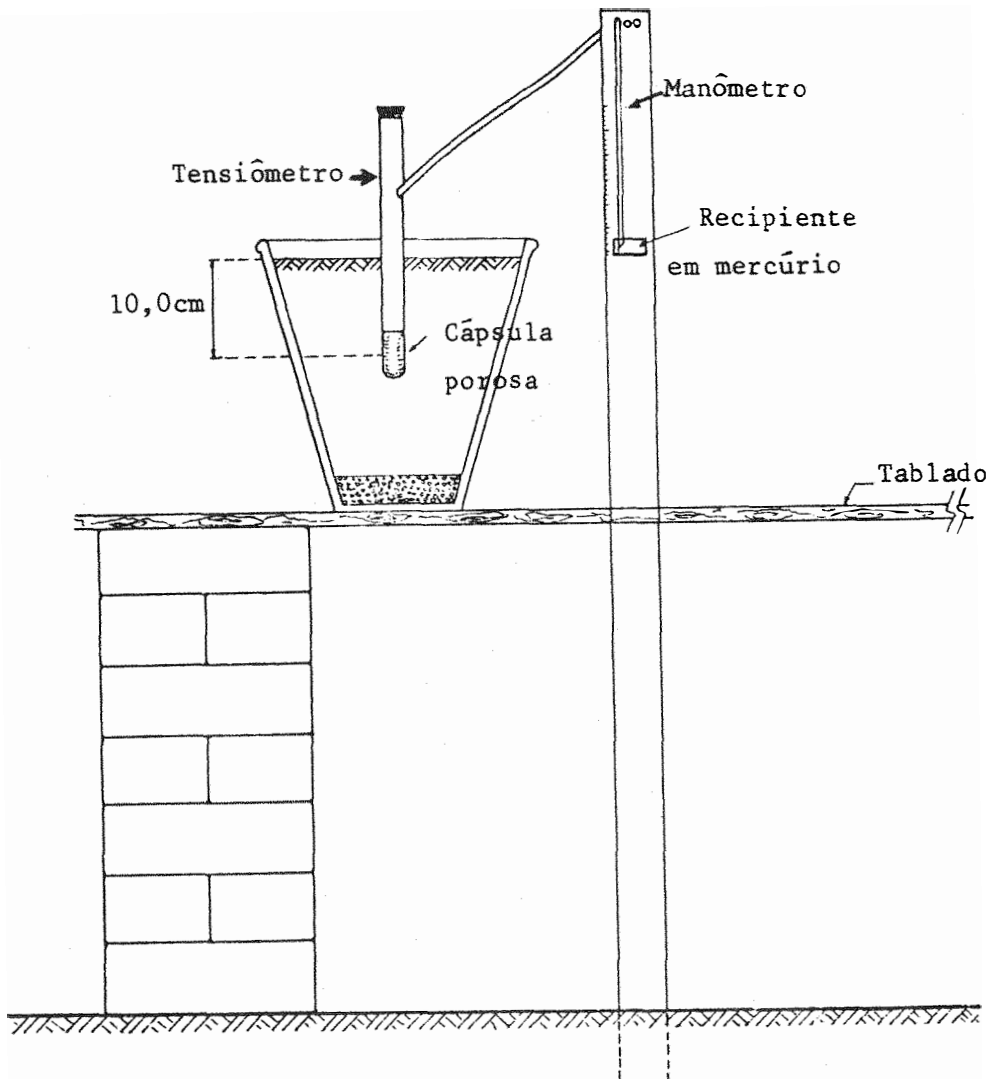


FIGURA 3 - Tensiômetro com Manômetro de Mercúrio usado para determinar o momento de irrigação.

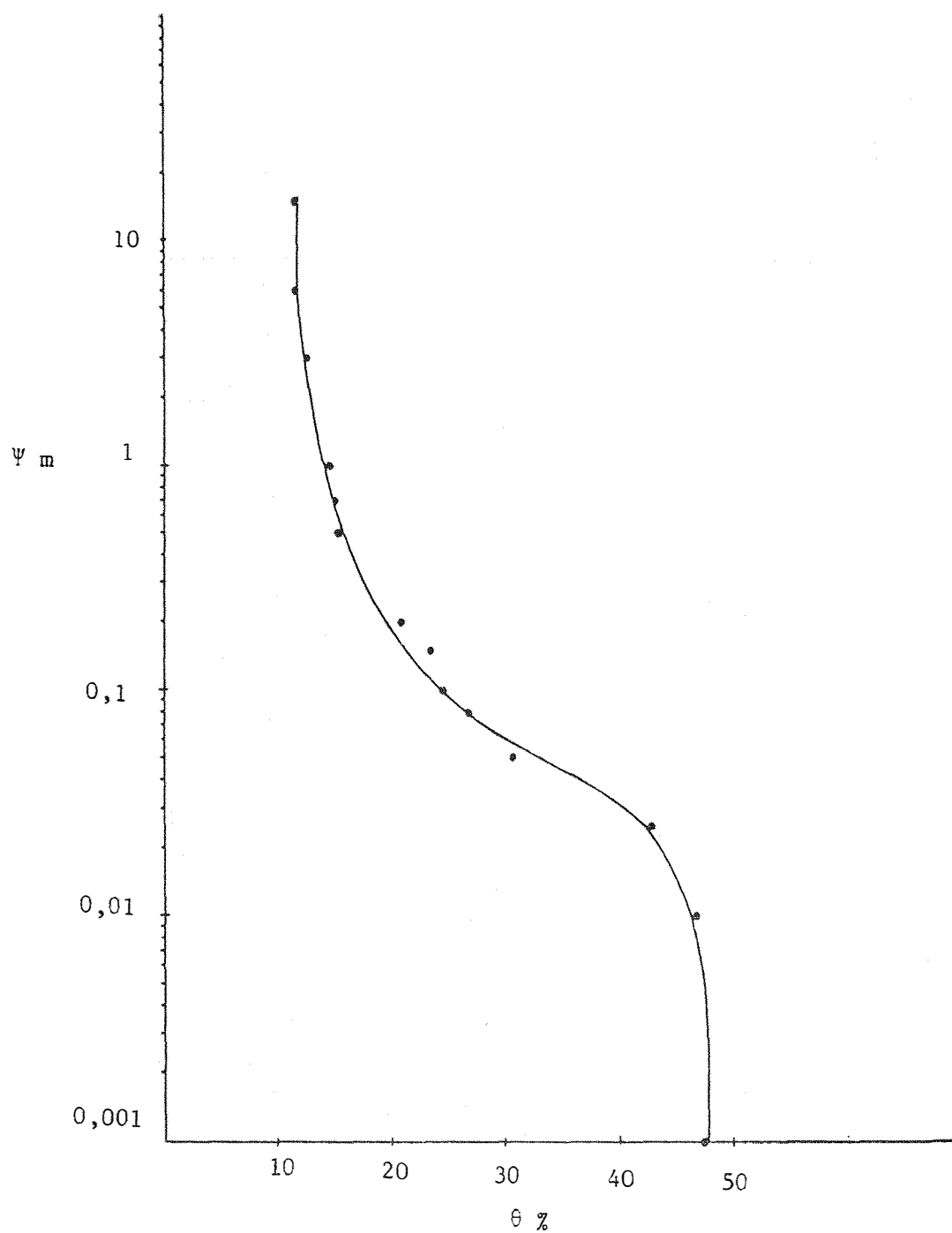


FIGURA 4 - Curva característica de umidade do solo usado, com amostra tirada no ponto médio da camada formada no vaso.

(Ψ_m = log. de atm.; $\theta\%$ = % de água com base em volume).

TABELA 4 - Teores de umidade em diferentes tensões, do solo usado no enchimento dos vasos (atm./volume).

Tensões (- atm)	θ ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$)	Tensões (- atm)	θ ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$)
15,0	0,1122	0,15	0,2325
6,0	0,1139	0,10	0,2424
3,0	0,1224	0,08	0,2669
1,0	0,1446	0,05	0,3074
0,7	0,1499	0,025	0,4263
0,5	0,1513	0,010	0,4682
0,2	0,2075	0,001	0,4765

No decorrer do experimento, a água de manutenção foi aplicada no momento em que os tensiômetros nos vasos não inundados indicavam um valor médio de -0,12 atm., correspondendo a um aproveitamento de 30% da água disponível, isto é, tal tensão, segundo a curva característica de umidade indicava 70% de água ainda disponível no solo que é o critério mínimo recomendado por VOYSEST (1977) para o feijão. A água era aplicada com uso de uma proveta graduada, na base de 400 ml por vaso. A leitura no tensiômetro variou de 4,0 cmHg (tensão de -0,06 atm.) a 9,0 cmHg (momento de irrigação = tensão de -0,12 atm.).

3.7. Inundação

Em conexão a um pequeno tubo metálico, na parte externa do vaso adaptou-se uma mangueira plástica cristal de parede fina, diâmetro 3/8" e comprimento 0,70m, que fazia ligação vaso-recipiente abastecedor funcionando por sifonagem (sistema "Mariotte") conforme ilustra o esquema da Figura 5.

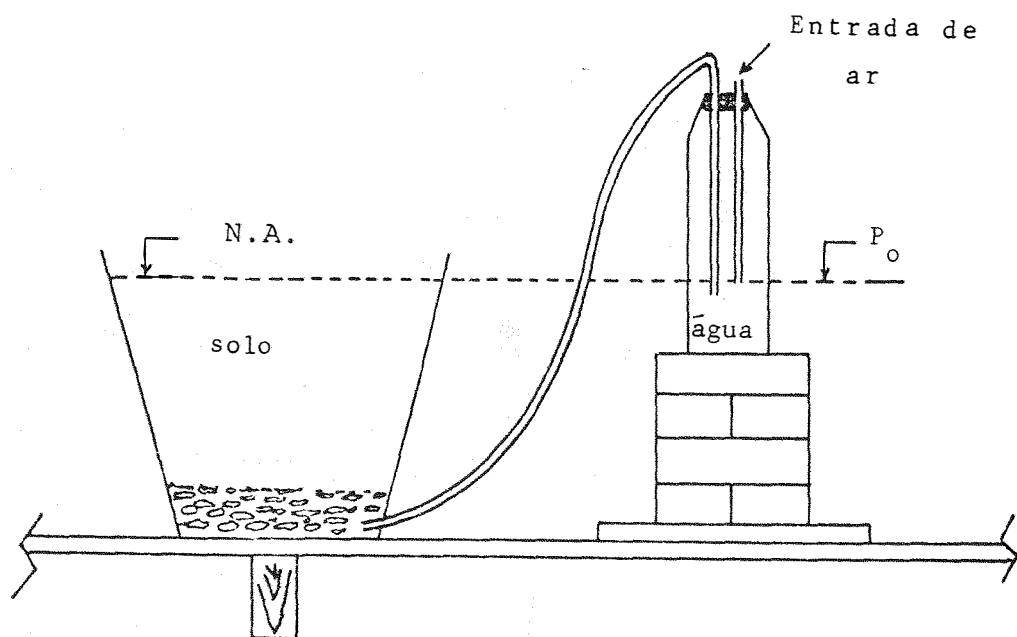


FIGURA 5 - Processo usado para manutenção de uma lâmina constante de água de inundação.

Decorrido o tempo de inundação pré-estabelecido (2, 4 ou 6 dias), o sistema de manutenção da água de inundação era modificado, deixando o solo em condição de sucção, usando-se do sistema Mariotte com o nível constante colocado 0,50 m

abaixo do nível inferior do vaso, funcionando como uma mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968) até rompimento da coluna de água do sistema. Após rompida a coluna, o sistema era desligado ficando o solo sem receber água até que o tensiômetro indicasse o momento de irrigação de - 0,12 atm.

3.7.1. Duração da inundação

Foram adotados três critérios de duração de inundação :

- 2 - inundação com duração de dois dias (48 horas)
- 4 - inundação com duração de quatro dias;
- 6 - inundação com duração de seis dias.

Cada tratamento constou de uma só fase inundada e um só critério (tempo) de duração da inundação, ocorrendo repetição de inundação para uma mesma planta, somente para os tratamentos l_2 e l_4 que corresponderam a inundações intermitentes a cada 15 dias com duração de 2 e 4 dias respectivamente.

3.8. Fases do ciclo vegetativo do feijoeiro

Para aplicação dos tratamentos foram distintas 5 fases do ciclo vegetativo, sendo elas :

- A - pós-emergência;

- B - período médio de desenvolvimento vegetativo;
- C - início do florescimento;
- D - início da frutificação;
- E - início da maturação.

No estágio de pós-emergência, aqui chamado de fase A, a queda dos cotilédones ocorreu com 7 a 8 dias após a emergência. A inundação portanto, nesta fase, foi iniciada no sétimo dia de pós-emergência (12 dias após o plantio).

A fase B - período médio do desenvolvimento vegetativo teve início aos 16 dias após a emergência, já indicado no pré-experimento.

O início do florescimento - fase C - foi identificado com o aparecimento dos primeiros botões florais, ocorrendo no 28º (vigésimo oitavo) dia após a emergência.

O início da frutificação - aparecimento das primeiras vagens - ocorreu no 33º (trigésimo terceiro) dia após a emergência.

No tratamento de início de maturação - fase E - aguardou-se a formação completa das vagens, e, quando se percebia uma tendência na mudança de cor das mesmas, procedeu-se a inundação.

3.9. Parâmetros para análise

Foram obtidos para análise e discussão, os seguintes parâmetros :

- Peso da raiz seca (gramas);
- Número de vagens por planta;
- Número de grãos por vagem;
- Produção de grãos por planta (gramas);
- Altura da planta (centímetros);
- Área foliar (cm^2 /planta).

3.9.1. Determinação do peso da raiz seca

No final do ciclo da cultura, coletou-se o sistema radicular de cada planta através de lavagem com jato d'água e peneira fina, sendo o peso obtido em gramas/planta para os diferentes tratamentos nas quatro repetições, após secagem em estufa ventilada com temperatura de 60-70°C durante 48 horas.

3.9.2. Número de vagens por planta

Obtido pela média de duas plantas por vaso para os diferentes tratamentos, nas quatro repetições

3.9.3. Número de grãos por vagem

Também obtido pela média de duas plantas por vagem.

3.9.4. Produção de grãos por planta

Os dados foram obtidos com correção para 14% de umidade.

3.9.5. Altura da planta

Dados obtidos no final do ciclo do feijoeiro , antes da colheita.

3.9.6. Área foliar

Foram feitas determinações de área foliar em três épocas diferentes, sendo a primeira determinação quinze dias após a queda dos cotilédones, a segunda quinze dias após a primeira e, a terceira feita quinze dias após a segunda quase início da frutificação, fase a partir da qual cessa a emissão de folhas.

Na data da primeira determinação de área foliar, apenas a fase de pós-emergência havia sido inundada; portanto,

a análise e teste de média só envolveu os tratamentos correspondentes à testemunha (T) e fase de pós-emergência (fase A).

Quando se fez a segunda determinação de área foliar, além da testemunha, da fase de pós-emergência, envolveu-se também os tratamentos correspondentes ao período médio do desenvolvimento vegetativo (fase B).

Na terceira determinação, feita já na frutificação, envolveu-se também no teste de média a fase correspondente ao início de florescimento (fase C).

Usou-se para a determinação da área foliar, o "Método não Destrutivo para Estimativa da Área Foliar de *Phaseolus vulgaris* L.", usando-se de fatores de correção K_1 e K_{11} , encontrados por BENINCASA *et alii* (1976). Em cada folíolo da planta mediu-se o comprimento desde a base até o ápice seguindo a nervura principal, e a maior largura. Os valores de K usados para a primeira fase (primeiro par de folhas), K_1 , e para as demais (folhas trifoliadas) K_{11} , foram respectivamente 0,70 e 0,59.

3.10. Cronograma de operações

O experimento foi conduzido de acordo com o cronograma apresentado na tabela a seguir (TABELA 5).

TABELA 5 - Cronograma de operações

Tempo após sementeira (dias)	Ocorrência
0 (28/09/79)	Sementeira
5 (03/10/79)	Germinação
12 (10/10/79)	Queda dos Cotilédones - Desbaste - Inundação A (inundação fase A) - Inundação I (inundações intermitentes)
20 (18/10/79)	Área Foliar (1 ^a . determinação)
21 (19/10/79)	Inundação B
27 (25/10/79)	Inundação I
33 (31/10/79)	Inundação C
35 (02/11/79)	Área Foliar (2 ^a . determinação)
38 (05/11/79)	Inundação D
41 (08/11/79)	Inundação I
51 (18/11/79)	Área Foliar (3 ^a . determinação) - Inundação E
55 (22/11/79)	Inundação I
75 (07/12/79)	Colheita

3.11. Colheita

A colheita foi feita quando as vagens já se apresentavam na maioria secas ocorrendo no 70º dia após a emergência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação da umidade com o tempo (θ vs t)

As tomadas de umidade foram feitas diariamente por método indireto, fazendo-se uso do tensiômetro colocado a 10 cm de profundidade no solo de cada tratamento, mais a curva característica de retenção obtida para a profundidade referida.

As figuras seguintes (Fig. 6 a 12) mostram a variação da umidade do solo no decorrer do experimento, com aplicação de água pela superfície quando o tensiômetro indicava um valor de aproximadamente -0,12 atm.

Os gráficos mostram que a amplitude de variação de umidade dos tratamentos, antes e/ou após recebidos a inunda

ção era semelhante a variação de umidade no tratamento correspondente à testemunha (T), tratamento este que não recebeu inundação e, com reposição de apenas 30% da água disponível segundo recomendação de VOYSEST (1977).

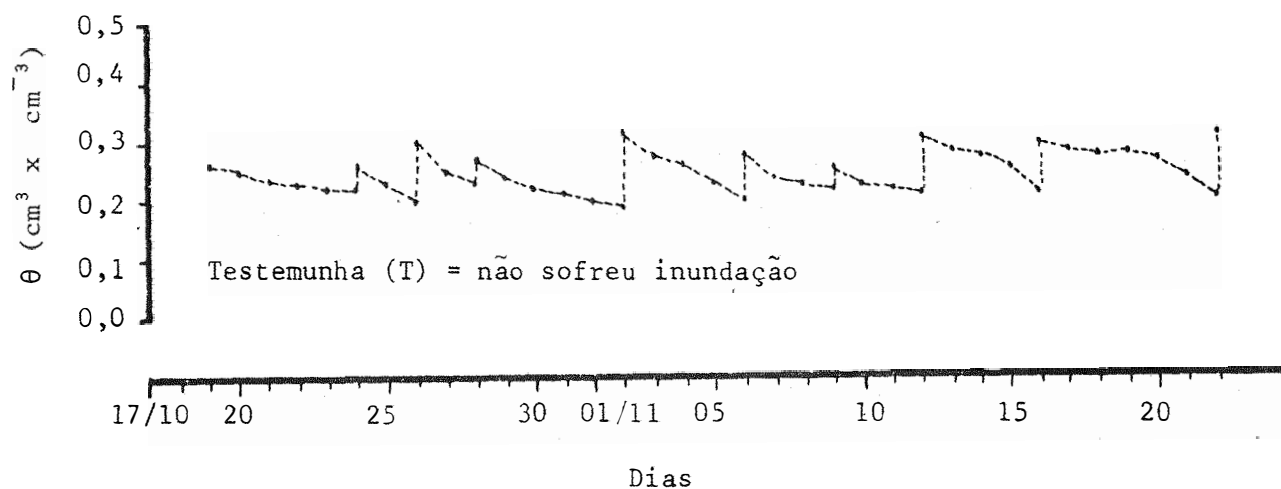


FIGURA 6- Variação de umidade com o tempo, do tratamento que não sofreu inundação ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}/\text{dias}$).

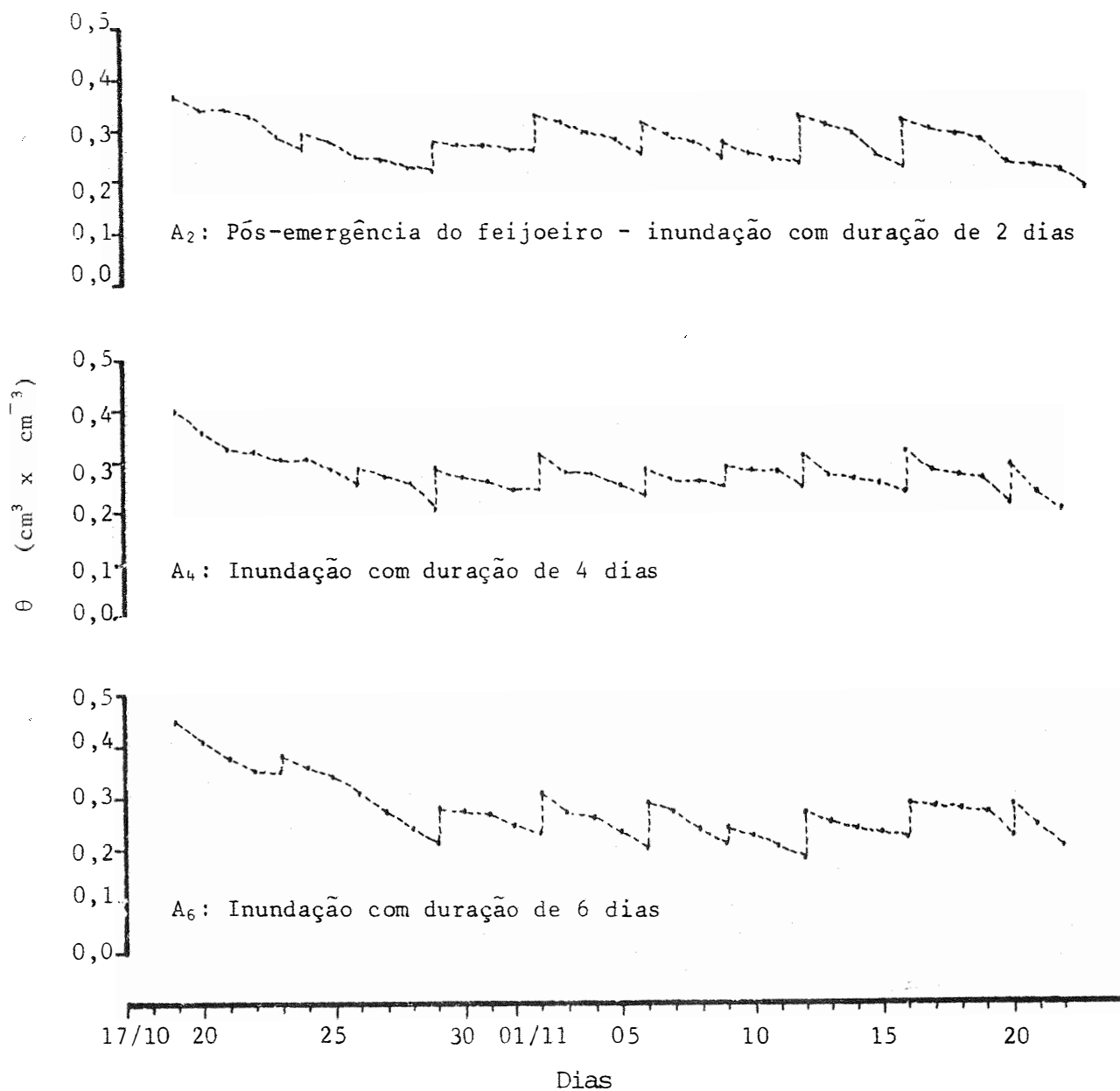


FIGURA 7 - Variação de umidade com o tempo, dos tratamentos inundados na fase de pós-emergência. ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias).

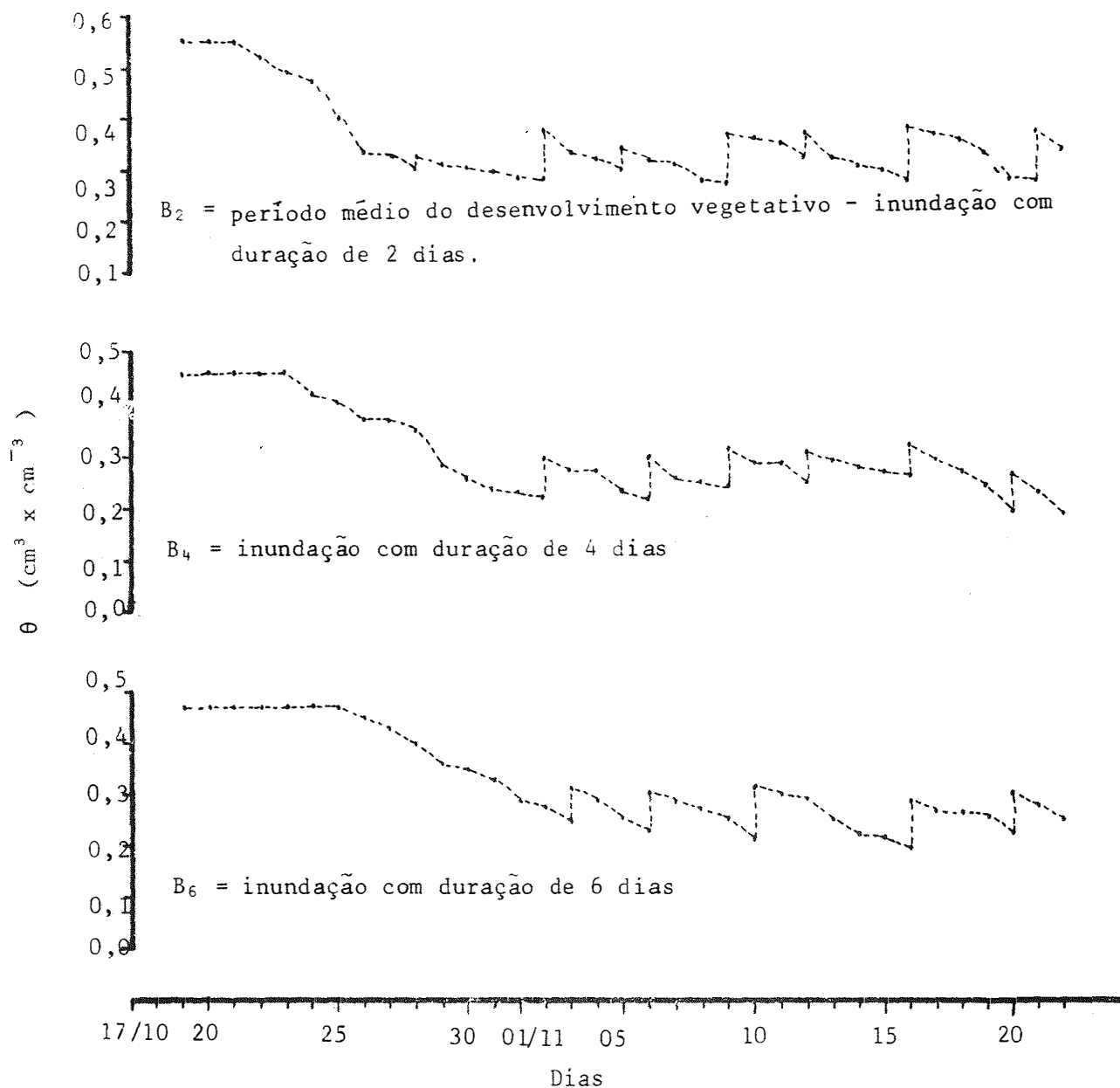


FIGURA 8 - Variação de umidade com o tempo, dos tratamentos inundados na fase correspondente ao período médio do desenvolvimento vegetativo ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias).

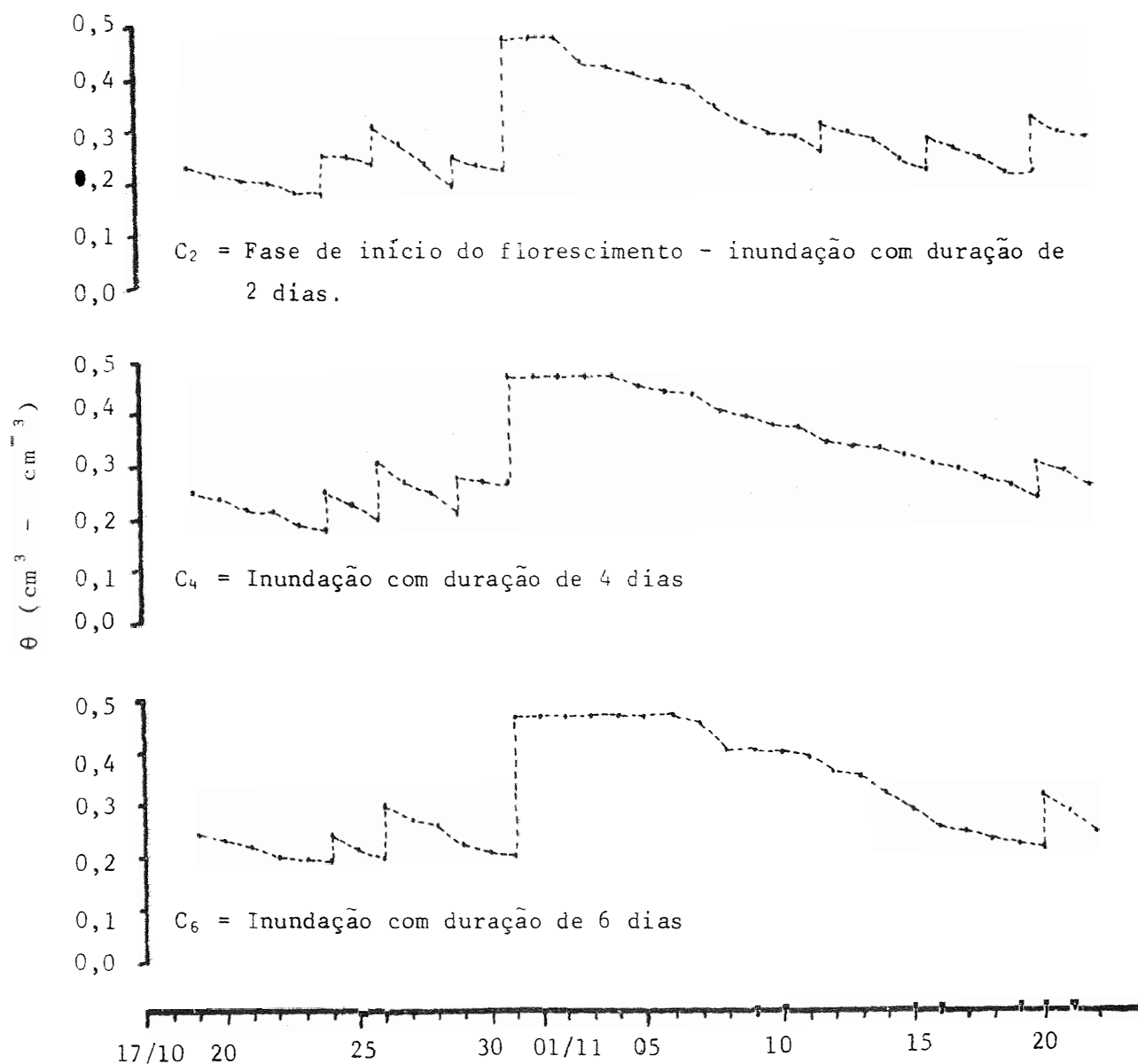


FIGURA 9 - Variaçãõ de umidade com o tempo dos tratamentos inundados no início do florescimento ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ / dias)

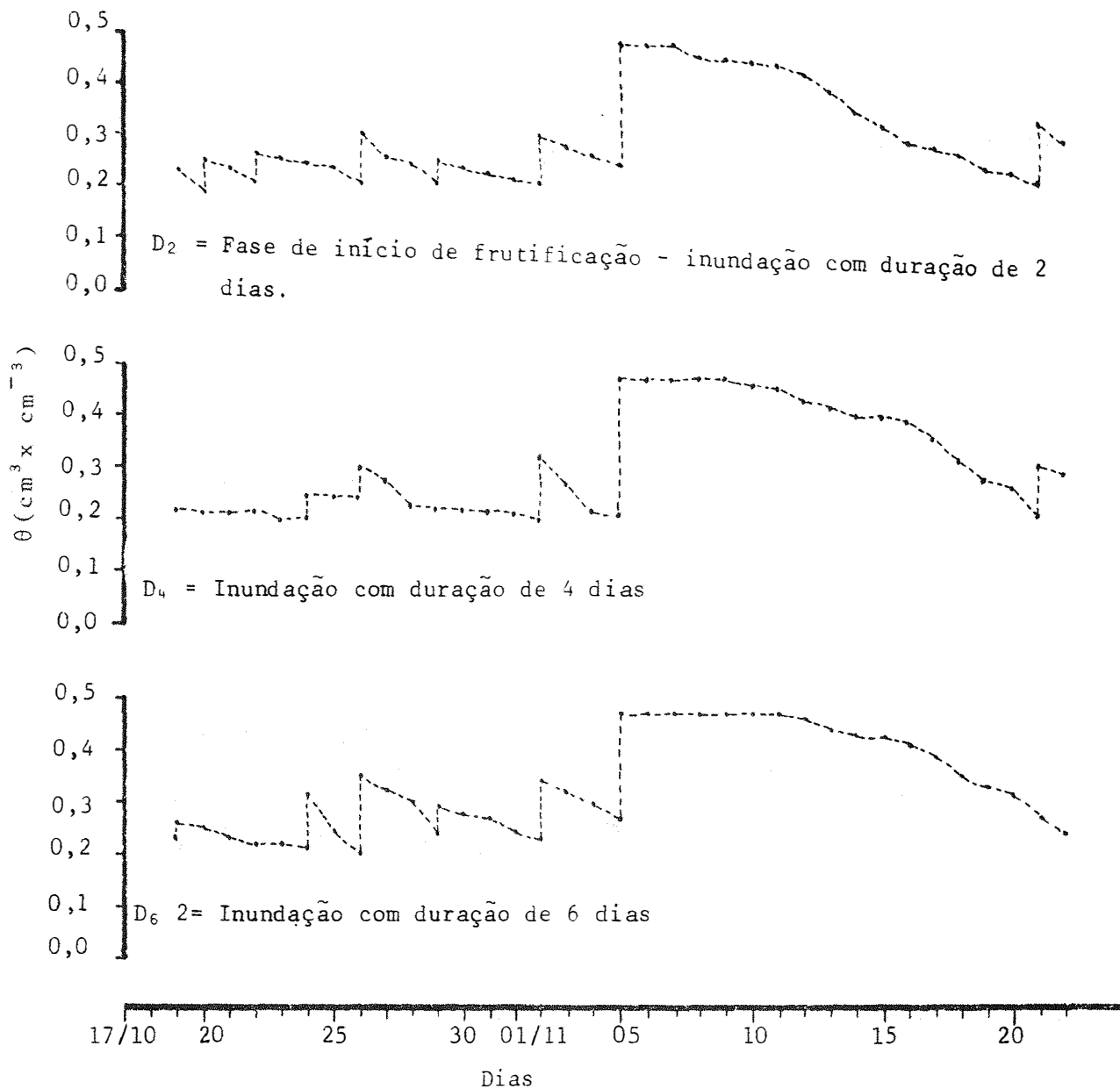


FIGURA 10 - Variaçãõ de umidade com tempo dos tratamentos inundados no início da frutificaçãõ ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ /dias)

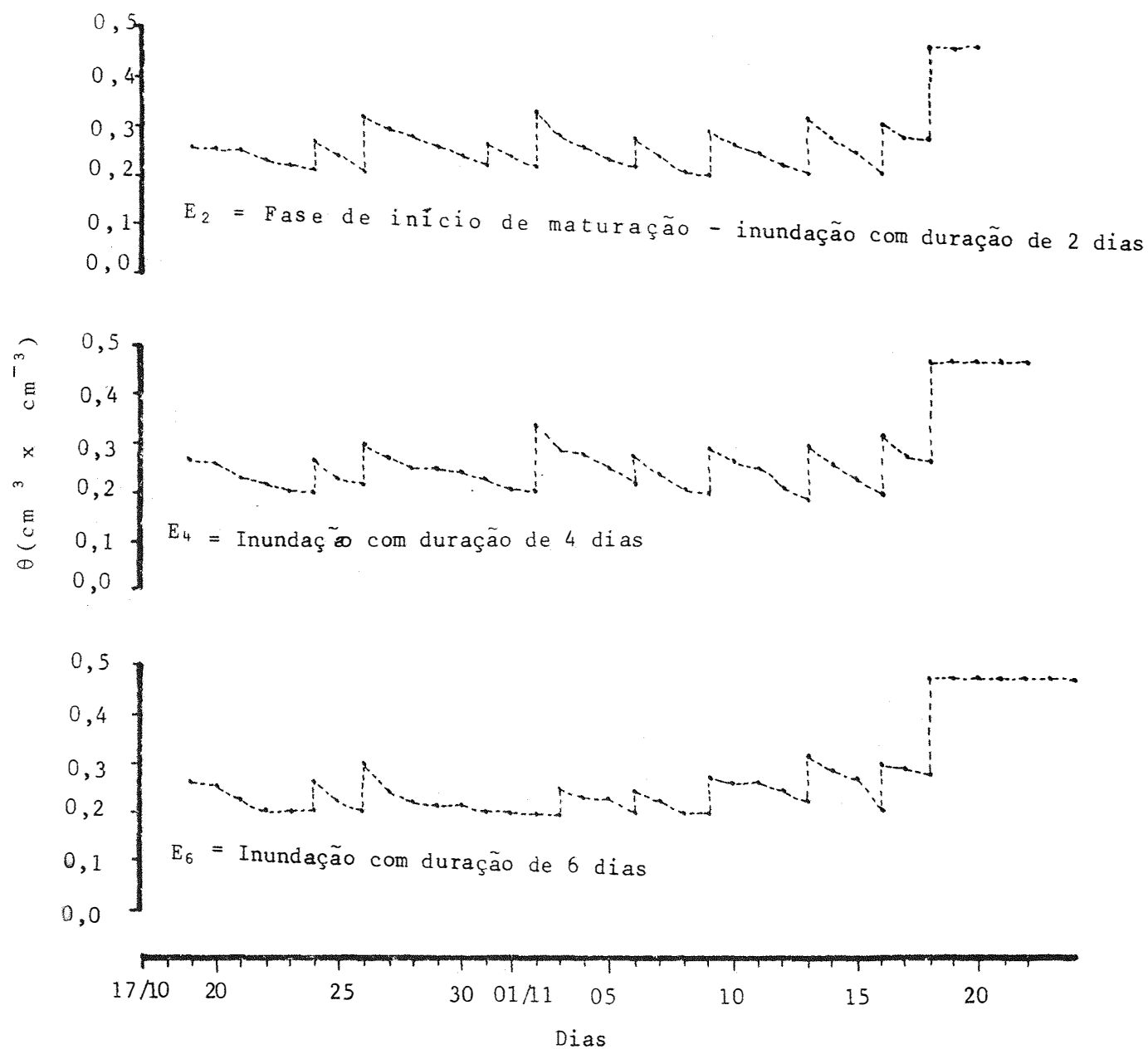


FIGURA 11 - Variaçãõ de umidade com o tempo dos tratamentos inun-
dados no início da maturaçãõ. ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}/\text{dias}$)

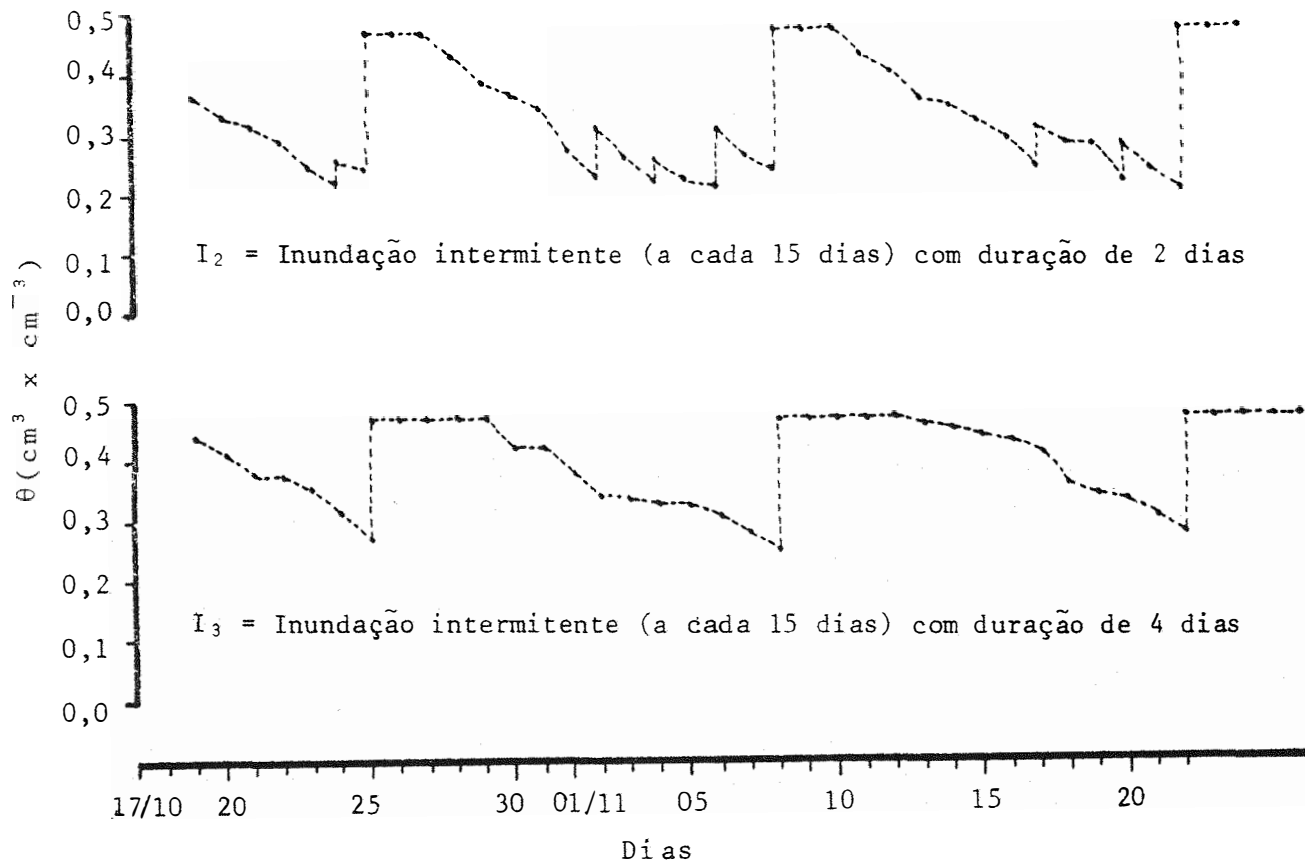


FIGURA 12 - Variação de umidade com o tempo dos tratamentos de inundação intermitente ($\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}/\text{dias}$)

4.2. Peso da raiz seca (gramas)

TABELA 6 - Peso da raiz seca, dos diferentes tratamentos, obtido no final do ciclo do feijoeiro (gramas/planta).

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2	0,8950	0,6740	0,8325	1,4550
A-4	0,8810	0,7490	0,8235	1,0455
A-6	0,5495	0,8375	0,4665	0,7725
B-2	1,5355	0,6365	0,9800	0,9665
B-4	0,9380	1,0635	0,7869	0,5720
B-6	1,1190	0,5510	0,6710	1,0630
C-2	0,9325	1,9215	1,3315	1,4785
C-4	0,6905	0,7535	0,8505	1,2355
C-6	0,7565	0,7420	1,0980	0,5750
D-2	1,2090	1,4855	0,5790	1,5610
D-4	0,7290	0,6725	0,7475	1,0400
D-6	0,8775	1,0810	1,1050	0,5410
E-2	1,4370	1,4165	1,1705	1,7100
E-4	1,0140	1,3865	1,1790	0,9810
E-6	1,1300	0,8620	0,9505	0,7700
I ₂	0,6600	1,1105	0,8770	0,6865
I ₄	0,4275	0,5300	0,6855	0,6050
T	0,9500	1,0920	0,8070	0,9845

TABELA 6.1. - Análise de variância do parâmetro peso da raiz seca.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	2	1,6443	0,8215	12,64**
Fase	4	0,7805	0,1951	3,00*
Tempo x Fase	8	0,4373	0,0546	0,84 ns
Test. x Resto	1	0,3856	0,3856	5,93*
Test. <u>vs.</u> Intermit.	1	0,1811	0,1811	2,79 ns
Entre Intermit.	1	0,1474	0,1474	2,27 ns
Resíduo	54	3,5129	0,0650	
Total	71	7,0891		

Coef. variação = 26,88%

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6.2.-Teste de média - DUNCAN 5% para o parâmetro peso da raiz seca.

Tempo de inundação (dias)	Médias
Sem inundação	0,958 a
Dois	1,210 a
Quatro	0,907 ab
Seis	0,826 b

Fases inundadas	Médias
Sem inundação	0,958 a
A : pós-emergência	0,882 a
B : desenvolvimento vegetativo	0,907 a
C : início do florescimento	1,030 a
D : início da frutificação	0,969 a
E : início da maturação	1,167 a

$$D_2 = 0,361$$

$$D_3 = 0,381$$

$$D_4 = 0,393$$

$$D_5 = 0,401$$

$$D_6 = 0,408$$

4.3. Número de vagens por planta

Tabela 7 - Número de vagens por planta, obtidos pela média entre duas plantas por vaso, para os diferentes tratamentos nas quatro repetições.

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2	3,5	3,0	2,5	2,0
A-4	3,5	3,0	3,0	2,0
A-6	3,0	4,0	2,5	2,0
B-2	4,0	4,0	3,5	2,5
B-4	3,5	2,0	1,5	3,0
B-6	2,5	2,0	1,0	2,5
C-2	3,0	3,0	2,0	3,0
C-4	1,5	1,5	1,5	2,0
C-6	2,5	2,0	1,5	1,5
D-2	2,5	2,5	3,0	3,5
D-4	3,5	2,5	3,0	3,0
D-6	4,0	3,0	3,5	2,0
E-2	4,0	3,5	3,5	2,0
E-4	3,0	3,5	3,0	2,0
E-6	2,0	3,5	3,5	2,0
I ₂	2,5	2,0	2,0	2,0
I ₄	2,0	1,5	2,0	2,0
T	4,0	3,5	4,0	4,0

Tabela 7.1.- Análise de variância do parâmetro número de vagens por planta.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	2	3,0333	1,5167	3,83*
Fase	4	6,6667	1,6667	4,21**
Tempo x Fase	8	5,1333	0,6417	1,62ns
Test. x Resto	1	0,0689	0,0689	0,17ns
Test. x Interm.	1	9,375	9,375	23,67**
Entre Interm.	1	0,125	0,125	0,32ns
Resíduo	54	21,376	0,396	
Total	71	45,778		

Coefficiente de variação = 23,36%

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7.2. - Teste de média - DUNCAN 5% - para número de vagens por planta.

Tempos de inundação (dias)	Médias
Sem inundação	3,875 a
Dois	3,025 ab
Quatro	2,575 b
Seis	2,525 b

Fases inundadas	Médias
Sem inundação	3,875 a
A : pós-emergência	2,833 ab
B : desenvolvimento vegetativo	2,667 b
C : início do florescimento	2,083 b
D : início da frutificação	3,000 a
E : início da maturação	2,958 a

$$D_2 = 0,893$$

$$D_3 = 0,940$$

$$D_4 = 0,971$$

$$D_5 = 0,991$$

$$D_6 = 1,008$$

Os resultados da análise de variância (Tabela 7.1.) e o teste de médias (Tabela 7.2.) mostram que há o efeito do tempo de duração da inundação da zona radicular do feijoeiro, sobre o número de vagens por planta. Embora tenha sido pequena a diferença nas médias de tempos de inundação, nota-se que mesmo com apenas dois dias de inundação, a planta já é afetada no seu número de vagens.

O estudo da influência das fases do ciclo vegetativo inundadas mostra que, o período médio do desenvolvimento vegetativo e o início de florescimento são as fases em que, ocorrendo inundação, pode haver efeito negativo no número de vagens por planta.

O estudo da influência das fases do ciclo vegetativo inundadas, na formação das vagens mostra que, quando a inundação do sistema radicular ocorreu no período médio do desenvolvimento vegetativo ou no início de florescimento, o número de vagens por planta sofreu redução.

Os tratamentos I_2 e I_4 , que a cada quinze dias eram inundadas, mostraram-se também prejudicados; no entanto, o efeito de se inundar durante dois ou quatro dias foi praticamente o mesmo. Estes tratamentos apresentaram queda no número de vagens por planta semelhante a ocorrida com o tratamento inundado na fase de início de florescimento (face C).

Neste parâmetro estudado, destacou-se a sensibilidade da planta à aeração deficiente como dependente da fase de crescimento da parte aérea e das raízes, como já afirmavam LETEY *et alii* (1962). No caso presente em que a fase de início de florescimento apresentou-se como a mais sensível à deficiência de aeração, a afirmação de STOLZY e LETEY (1964) se destaca, pois, estes pesquisadores informam que, de modo geral os períodos de florescimento e frutificação são os mais sensíveis à aeração deficiente, exigindo maiores taxas de difusão de oxigênio (TDO).

4.4. Número de grãos por vagem

TABELA 8 - Número de grãos por vagem nos diferentes tratamentos, nas quatro repetições.

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2	2,0	3,0	3,0	3,0
A-4	2,0	3,0	2,0	2,0
A-6	2,0	2,0	2,0	2,0
B-2	2,5	2,5	2,0	2,0
B-4	3,0	3,0	2,0	3,0
B-6	2,0	1,0	2,0	2,0
C-2	2,0	2,5	2,0	3,0
C-4	2,0	1,5	2,0	2,0
C-6	2,0	1,5	2,0	2,0
D-2	2,0	2,0	3,0	2,0
D-4	2,0	2,0	1,0	2,0
D-6	1,0	2,0	2,0	1,0
E-2	2,0	2,0	2,0	1,0
E-4	2,0	2,0	2,0	3,0
E-6	2,0	2,0	2,0	2,5
I ₂	2,0	2,0	1,5	1,5
I ₄	1,5	2,0	1,5	1,5
T	3,0	3,5	3,0	3,0

Pela análise dos resultados nas tabelas 8.1 e 8.2., observa-se que, até quatro dias de inundação, não chega a afetar o número de grãos por vagem. Observou-se que, por um tempo de inundação acima de quatro dias de duração, pode ocorrer, até a formação total das vagens, que uma ou mais sementes por vagem não chegue a formar-se completamente, chegando as vezes a haver formação de vagens "chochas", isto é, sem sementes, quando a inundação ocorre nas fases A, B e D que são: pós-emergência, período médio do desenvolvimento vegetativo, e início de frutificação.

A fase do ciclo vegetativo até agora mais sensível - início de florescimento - não mostrou-se afetada na formação de sementes; seu reflexo na produção será portanto devido à redução no número de vagens por planta.

Os tratamentos intermitentes mostraram-se também sensíveis a inundação, sem haver no entanto diferença estatisticamente significativa entre dois e quatro dias de duração da inundação (Tabela 8.1.) .

TABELA 8.1. - Análise de variância de número de grãos por vagem

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	2	1,9750	0,9875	5,80**
Fase	4	1,8583	0,4646	2,73*
Tempo x Fase	8	3,5667	0,4458	2,62*
Test. x Resto	1	0,1174	0,1174	0,69ns
Test. vs Interm.	1	5,0417	5,0417	29,63**
Entre Interm.	1	0,0000	0,0000	0,00ns
Resíduo	54	9,1874	0,1701	
Total	71	21,7465		

Coef. variação = 19,47%

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 8.2. - Desdobramento da interação tempo x fase e teste de média - DUNCAN 5% para número de grãos por vagem.

Tempo de inundação (dias)	Fase inundada				
	A	B	C	D	E
Dois	2,750 a	2,250 ab	2,375 a	2,250 a	1,750 a
Quatro	2,250 ab	2,750 a	1,875 a	1,750 ab	2,250 a
Seis	2,000 b	1,750 b	1,875 a	1,500 b	2,125 a

4.5. Produção de grãos por planta

TABELA 9 - Produção de grãos por planta obtida em gramas, com umidade corrigida para 14%, para os diferentes tratamentos nas quatro repetições.

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2	2,6620	3,4220	2,8520	2,2810
A-4	2,8740	3,6960	2,4640	1,6430
A-6	2,1010	2,8020	1,7510	1,4010
B-2	3,0840	3,0840	2,1590	1,5420
B-4	3,5250	2,0140	1,0070	3,0210
B-6	1,6110	0,6440	0,6440	1,6110
C-2	2,0680	2,5850	1,3790	3,1020
C-4	0,9930	0,7450	0,9930	1,3240
C-6	1,3030	0,7820	0,7820	0,7820
D-2	1,5420	1,5420	2,7760	2,1590
D-4	1,9570	1,3980	0,8380	1,6770
D-6	1,1580	1,7370	2,0260	0,5790
E-2	3,1190	2,7370	2,7290	0,7800
E-4	2,3070	2,6910	2,3070	2,3070
E-6	1,5220	2,0640	2,6640	1,9030
I ₂	1,8000	1,3190	1,0800	1,0780
I ₄	0,9770	0,9770	0,9770	1,3020
T	4,5000	4,7580	4,6650	4,520

TABELA 9.1. - Análise de variância de produção de grãos por planta.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	2	7,9015	3,9507	10,72**
Fase	4	9,6863	2,4216	6,57**
Tempo x Fase	8	3,9613	0,4952	1,34
Test. x Resto	1	1,4094	1,4094	3,82
Test. <u>vs</u> Intermit.	1	31,2270	31,2270	84,72**
Entre Intermit.	1	0,1362	0,1362	0,3695ns
Resíduo	54	19,9029	0,3686	
Total	71	74,2246		

Coef. variação = 30,11%

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

** Singificativo a nível de 1% de probabilidade

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 9.2. - Teste de médias - DUNCAN 5% - para produção de grãos por planta em gramas/planta.

Tempos de inundação (dias)	Médias (g/planta)
Sem inundação	4,611 a
Dois	2,380 b
Quatro	1,989 b
Seis	1,493 b

Fases inundadas	Médias
Sem inundação	4,611 a
A	2,496 b
B	1,995 bc
C	1,403 c
D	1,616 bc
E	2,261 b

$$D_2 = 0,861$$

$$D_3 = 0,907$$

$$D_4 = 0,936$$

$$D_5 = 0,956$$

$$D_6 = 0,973$$

A análise de variância (Tabela 9.1.), e o teste de média - DUNCAN 5% (Tabela 9.2.) mostram que a inundação da zona radicular do feijoeiro promove uma produção destacadamente menor que aquela ocorrida com a cultura em condições ideais de umidade do solo. Embora não tenha havido diferença significativa a nível de 5% de probabilidade entre as médias de produção dos tratamentos inundados, há uma tendência de redução

na produção à medida que se aumenta o tempo de duração da inundação. O experimento mostrou uma redução de 48,5% no tratamento inundado por 2 dias, 56,9% de redução na produção do tratamento inundado por 4 dias e, redução de 67,6% no tratamento inundado por 6 dias.

Constata-se aqui mais uma vez, que as fases de início de florescimento (fase C) e início de frutificação (fase D) são as mais sensíveis à má aeração do solo, mostrando uma menor produção do feijoeiro quando submetido à condição de inundação da zona radicular. As demais fases quando inundadas, também refletem em menor produção.

No caso da planta ter sofrido inundações repetidas vezes a cada 15 dias, o prejuízo foi semelhante com 2 dias de duração da inundação e com 4 dias. A queda na produção pareceu ser maior que a ocorrida quando se inundou apenas uma vez, no início do florescimento ou no início da frutificação.

Na produção de grãos por planta, estão combinados número de vagens por planta e número de sementes por vagem; no experimento quando um destes parâmetros não foi afetado pelo excesso de água na zona das raízes, o outro o foi. Portanto, não se admite nem mesmo dois dias de inundação da zona das raízes do feijoeiro, para que não haja perda na produção.

4.6. Altura das plantas (cm)

TABELA 10 - Resultados de altura da planta obtidos em centímetros, na época da colheita para os diferentes tratamentos nas quatro repetições.

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2	48,2000	37,9000	37,8000	40,3000
A-4	45,1000	42,4000	38,2000	42,0000
A-6	47,0000	54,9000	35,3000	38,5000
B-2	59,0000	59,0000	48,7000	48,2000
B-4	45,1000	44,9000	45,2000	44,4000
B-6	42,5000	43,0000	43,7000	42,1000
C-2	44,4000	50,7000	44,4000	45,2000
C-4	39,8000	41,7000	35,7000	38,6000
C-6	34,1000	50,6000	40,8000	39,8000
D-2	41,3000	47,0000	47,9000	42,7000
D-4	42,1000	41,3000	40,2000	41,5000
D-6	47,4000	44,8000	43,3000	44,5000
E-2	43,5000	43,2000	39,8000	41,9000
E-4	38,3000	45,2000	43,9000	40,5000
E-6	48,8000	46,2000	38,7000	42,1000
I ₂	37,6000	45,7000	40,7000	36,8000
I ₄	31,7000	37,4000	32,2000	31,4000
T	48,5000	51,4000	43,9000	50,7000

TABELA 10.1. - Análise de variância de altura das plantas (cm).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	2	141,6334	70,8167	4,35*
Fase	4	207,0528	51,7632	3,18*
Tempo x Fase	8	296,4784	37,0598	2,28*
Test. x Resto	1	85,3400	85,3400	5,25*
Test. <u>vs</u> Intermit.	1	380,0100	380,0100	23,37**
Entre Intermit.	1	98,7012	98,7012	6,07*
Resíduo	54	877,9142	16,2577	
Total	71	2087,1300		

Coef. variação = 9,35%

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

TABELA 10.2.-Desdobramento da interação tempo x fase, e teste de média, DUNCAN 5%.

Tempo de inundação (dias)	Fase inundada				
	A	B	C	D	E
Dois	41,050 a	53,725 a	46,175 a	44,725 a	42,100 a
Quatro	41,925 a	44,900 b	38,950 b	41,275 a	41,975 a
Seis	43,925 a	42,825 b	41,325 ab	45,000 a	43,950 a

TABELA 10.3. Teste de médias - DUNCAN 5% para inundação intermitente para dados de altura de planta.

Inundações intermitentes	Médias
Sem inundação	48,625 a
Dois dias de duração	40,200 b
Quatro dias de duração	33,175 b

Pelas tabelas 10.1. e 10.2., nota-se que, apenas as fases B e C do feijoeiro (período médio do desenvolvimento vegetativo, e início de florescimento) mostraram-se afetadas quando ocorreu inundação com duração superior a dois dias naquelas fases.

Havendo repetição da inundação a cada quinze dias, desde a queda dos cotilédones, a altura da planta é também afetada, como mostra a Tabela 10.3. Embora não tenha havido diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, entre intermitente com dois dias de duração da inundação e intermitente com quatro dias, nota-se uma tendência de redução na altura da planta.

4.7. Área foliar (cm²)

As tabelas 11, 12 e 13 mostram os resultados obtidos de área foliar para os diferentes tratamentos, nas quatro repetições, para três épocas diferentes :

TABELA 11 - Área foliar em cm^2 /planta na primeira determinação (18/10/79).

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2.1	303,7985	275,0510	271,4571	280,3472
A-4.1	233,4116	236,9576	247,6231	241,5700
A-6.1	319,4535	330,5793	185,2948	202,4384
B-2.1	348,0624	299,4561	265,3620	302,1885
B-4.1	283,1996	315,7792	278,6787	280,1782
B-6.1	237,0157	299,9318	287,8936	251,7196
C-2.1	331,9948	308,8286	252,3151	244,9258
C-4.1	281,3366	295,5536	226,3135	232,6631
C-6.1	246,0880	328,0637	225,3044	264,0303
D-2.1	312,2209	245,3018	287,0114	270,2011
D-4.1	273,2733	287,4015	271,3970	279,2092
D-6.1	316,3578	280,0935	292,9362	275,3967
E-2.1	308,8040	251,1821	221,6738	235,8128
E-4.1	248,9137	246,4010	317,5310	269,3543
E-6.1	225,7140	344,0879	275,7783	302,1810
I ₂ .1	235,3048	377,7341	210,3596	376,5244
I ₄ .1	251,2286	254,8108	245,4530	260,9236
T-1	263,2158	314,7389	232,9662	301,5963

TABELA 12 - Área foliar em cm^2 /planta na segunda determinação
(02/11/79).

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2.2	342,0613	305,4341	640,3628	311,6323
A-4.2	542,4784	538,5273	373,3022	320,3778
A-6.2	255,6027	339,0169	329,2908	354,2761
B-2.2	860,9618	768,7386	648,8738	670,3378
B-4.2	524,5817	371,5761	647,3024	662,0851
B-6.2	455,6970	387,9810	429,2298	453,9812
C-2.2	705,2273	682,8473	544,7746	564,4723
C-4.2	623,5018	613,4789	506,6377	532,2714
C-6.2	705,5306	740,2617	660,9987	719,1105
D-2.2	660,2744	584,9048	638,9597	608,2491
D-4.2	726,9850	616,8049	698,9241	718,5942
D-6.2	893,3946	740,7967	732,3772	720,2659
E-2.2	624,7466	702,5104	507,8715	610,2532
E-4.2	517,2394	754,6158	613,4225	589,9517
E-6.2	429,8740	787,9186	615,3867	767,8876
I ₂ .2	484,6888	628,1435	689,3810	514,2417
I ₄ .2	160,6835	398,7648	361,6552	219,2675
T-2	696,0914	780,5948	643,5348	715,6160

TABELA 13 - Área foliar em cm^2 /planta na terceira determinação
(18/11/79).

Tratamentos	Repetições			
	a	b	c	d
A-2.3	601,4753	220,4535	514,5862	354,8557
A-4.3	656,1772	653,8085	590,7906	552,2108
A-6.3	272,4885	405,1589	481,1177	512,2209
B-2.3	841,5406	691,2381	604,2131	625,9127
B-4.3	444,2552	336,9844	497,3552	438,7925
B-6.3	460,3563	219,7809	453,8014	510,1984
C-2.3	708,7463	752,4800	486,0833	505,2430
C-4.3	330,2171	297,0414	230,9201	315,3217
C-6.3	685,7657	264,1607	364,1952	404,2715
D-2.3	669,9980	519,4655	688,8781	640,1895
D-4.3	315,3904	130,3900	208,8980	220,7660
D-6.3	101,0375	278,9520	273,5033	304,1283
E-2.3	674,8567	708,3185	621,1815	684,0000
E-4.3	620,8832	553,5380	767,8437	628,6951
E-6.3	620,4214	712,6255	712,1742	529,2801
I ₂ .3	507,6448	594,5666	715,8705	599,1273
I ₄ .3	157,6509	173,3125	347,6575	301,0585
T-3	540,2158	735,3229	639,9907	692,9206

4.7.1. Inundações não intermitentes

4.7.1.a. Área foliar na primeira determinação

TABELA 11.1. - Análise de variância da área foliar $\text{cm}^2/\text{planta}$ determinado 15 dias após a emergência das plântulas (primeira determinação).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1541,7	513,9	0,26ns
Resíduo	12	23629,1	1969,1	
Total	15	25170,8		

ns = Não significativo a nível de 5% de probabilidade

Não se detectou nenhum efeito significativo da inundação da zona radicular, sobre a área foliar, nos tratamentos inundados na fase de pós-emergência, decorridos 15 dias do início da inundação, como mostra a Tabela 11.1.

4.7.1.b. Área foliar na segunda determinação

TABELA 12.1. - Análise de variância da área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) determinada 30 dias após a emergência das plântulas (segunda determinação).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	535547,1	89257,8	8,83**
Resíduo	21	212196,7	10104,6	
Total	27	747743,8		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

TABELA 12.2. - Teste de média - DUNCAN 5% - para área foliar (cm²/planta) na segunda determinação.

Tratamentos	Médias
Testemunha (T)	657,4289 ab
A ₂	399,8726 cd
A ₄	443,6714 c
A ₆	319,5466 d
B ₂	737,2280 a
B ₄	551,3863 bc
B ₆	431,7222 c

D₇= 167,3687

D₆= 165,6095

D₅= 163,0964

D₄= 159,5782

D₃= 155,3060

D₂= 147,7667

A = fase de pós-emergência

B = período médio do desenvolvimento vegetativo

2 = dois dias de inundação

4 = quatro dias de inundação

6 = seis dias de inundação

Decorridos 23 dias da inundação na fase de pós-emergência (fase A), notou-se uma redução no crescimento da área foliar causada pela deficiência de aeração do solo nesta fase do ciclo vegetativo (Quadros 12.1 e 12.2).

A inundação de seis dias de duração mostrou-se a mais prejudicial ao crescimento de área foliar, não sendo

ainda significativa a diferença em inundar durante dois ou quatro dias (na fase de pós-emergência).

Para os tratamentos inundados no "período médio do desenvolvimento vegetativo", (B_2 , B_4 e B_6) já decorridas duas semanas da inundação, notou-se diferença entre eles, sendo o tratamento inundado durante seis dias, o mais prejudicado.

4.7.1.c. Área foliar na terceira determinação

TABELA 13.1. - Análise de variância da área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) determinada 46 dias após a emergência das plântulas (terceira determinação).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	12	1230229,50	102519,13	8,87**
Resíduo	39	450616,50	11554,27	
Total	51	1680846,00		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

TABELA 13.2.- Teste de média - DUNCAN 5% - para área foliar
(cm²/planta) na terceira determinação.

Tratamentos	Médias
Testemunha (T)	652,6730 a
A ₂	422,8421 a
A ₄	613,2465 a
A ₆	417,7465 b
B ₂	690,7261 a
B ₄	429,3468 b
B ₆	411,0342 b
C ₂	613,1381 a
C ₄	293,3751 b
C ₆	429,5983 b
D ₂	629,6328 a
D ₄	218,8611 c
D ₆	239,4053 c

D₁₃ = 183,00

D₁₂ = 182,19

D₁₁ = 181,12

D₁₀ = 180,05

D₉ = 178,97

D₈ = 177,36

D₇ = 175,75

D₆ = 173,06

D₅ = 170,37

D₄ = 166,61

D₃ = 161,77

D₂ = 153,71

A determinação da área foliar do feijoeiro 46 dias após a germinação, decorridos portanto 39 dias da queda dos cotilédones (fase de pós-emergência), mostra uma tendência de redução no seu crescimento.

Observou-se que uma inundação com duração superior a 2 dias na fase de início de frutificação promove maior queda de folhas.

4.7.2. Inundações intermitentes

4.7.2.a. Área foliar na primeira determinação

TABELA 11.2. - Análise de variância de área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) com determinação feita oito dias após - la. inundação.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1486,365	714,183	0,325ns
Resíduo	9	20589,885	2287,76	
Total	11	22076,250		

ns = Não significativo a nível de 5% de probabilidade

Vê-se pelo quadro de análise, que os tratamentos I_2 e I_4 , não se mostraram afetados no desenvolvimento da área foliar decorridos oito dias da primeira inundação. Este

resultado é semelhante aos encontrados para A_2 e A_4 que correspondem a tratamentos inundados apenas uma vez na fase de pós-emergência do feijoeiro, o que era de se esperar, pois, tanto I_2 e I_4 quanto A_2 e A_4 , nesta determinação, sofreram inundação apenas uma vez, na mesma época, e com a mesma duração.

4.7.2.b. Área foliar na segunda determinação

TABELA 12.3. - Análise de variância de área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) com determinação feita oito dias após a 2a. inundação.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	377294,65	188647,33	22,37**
Resíduos	9	75903,70	8433,74	
Total	11	453198,35		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

No teste de média - DUNCAN 5% , obtém-se :

$$\hat{m}T = 708,7092 \text{ a}$$

$$\hat{m}I_2 = 579,1137 \text{ a}$$

$$\hat{m}I_4 = 285,0927 \text{ b}$$

O tratamento inundado já por duas vezes, com duração de dois dias cada inundação (I_2), não se mostrou sofrer

nenhum efeito do excesso de água sobre o desenvolvimento das folhas. Já o tratamento de inundação de quatro dias, após a segunda inundação apresentou-se prejudicado com a deficiência de aeração na sua zona radicular.

4.7.2.c. Área foliar na terceira determinação

TABELA 13.3. - Análise de variância de área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) com determinação feita oito dias após a 3a. inundação.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	396329,75	198164,88	25,62**
Resíduo	9	69618,95	7735,44	
Total	11	465948,70		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

No teste de média - DUNCAN 5%, obtem-se :

$\hat{m}_T = 652,1100$ a

$\hat{m}_{I_2} = 604,3023$ a

$\hat{m}_{I_4} = 244,9198$ b

Mesmo já decorridos 29 dias da 1a. inundação, o tratamento I_2 que é aquele que sofrera intermitentemente, inundação de 2 dias de duração, não mostrou sofrer nenhum efeito

de tais inundações sobre a formação e desenvolvimento da área foliar. Isto vem nos sugerir que, o feijoeiro pode sofrer inundações temporárias com duração de 2 dias e frequência de 15 , sem haver nenhuma perturbação na sua área foliar, não importando a fase do ciclo vegetativo em que encontre a cultura, conforme mostra o resultado encontrado para inundações de dois dias nas diferentes fases do ciclo.

5. CONCLUSÕES

Do presente estudo foi possível tirar-se as seguintes conclusões :

1. O sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Goiano Precoce, sã não foi prejudicado no seu peso total final quando sofreu inundaçãõ de apenas dois dias de duraçãõ.

2. Mesmo ocorrendo uma única vez, a inundaçãõ na fase de início de florescimento, com duraçãõ de dois dias, foi suficiente para afetar a planta (feijoeiro) no seu número de vagens.

3. O número de grãos por vagem não foi afetado quando a duraçãõ de uma única inundaçãõ foi inferior a quatro

dias. Com repetição de inundação a cada 15 dias, mesmo com apenas dois dias de duração, o número de grãos por viagem foi afetado.

4. Uma única inundação de seis dias não chegou a afetar a planta na sua altura final. Com repetição da inundação - mesmo apenas dois dias de duração - a planta foi afetada no seu crescimento.

5. Inundação com duração superior a dois dias, de modo geral, foi prejudicial à formação das folhas (área foliar) do feijoeiro. Com dois dias de duração, a inundação mesmo com frequência de 15 dias, não prejudicou a área foliar do feijoeiro, não importando a fase do ciclo vegetativo em que se encontrava a cultura.

6. As fases de início de florescimento e início de frutificação do feijoeiro, são as mais sensíveis à má aeração do solo, mostrando uma menor produção quando submetidas a condição de inundação da zona radicular.

7. Não se deve admitir nem mesmo dois dias de inundação da zona radicular do feijoeiro para que não haja perda na produção; portanto, para um projeto de drenagem agrícola com o objetivo de exploração da cultura do feijão, o tempo necessário para o rebaixamento do lençol freático nunca deve ser igual ou superior a dois dias.

LITERATURA CITADA

- ANAYA, M.G. e L.H. STOLZY, 1972. Wheat response to different soil water-aeration condition. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 26:485-489.
- BENINCASA, M.M.P., M. BENINCASA, R.J. LATANZE, e M.T.G. JUNQUETTI, 1976. Método não destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (Feijoeiro). *Científica*, Jaboticabal-SP, 4(1):43-48.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Bean Program . In: _____ Annual Report - 1977. Cali, 1978. p.B-36-8.
- CURRIE, J.A. 1962. The importances of aeration in providing the right conditions for plant growth. *J. Sci. Food Agric.*, London, 13:380-385.

- DASBERG, S. e J.W. BAKKER, 1970. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth . *Agronomy Journal*, Madison, 62(6):689-692.
- DUTHION, C., e M. MINGEAU, 1976. Les réactions des plantes aux excés d'eau et leurs conséquences. *Annales Agronomiques* , Versailles, 27(2):221-246.
- FORSYTHE, W.M. e A.M. PINCHINAT, 1971. Tolerancia de la variedad de frijol '27-R' a la inundación. *Turrialba, Costa Rica*, 21(2):228-231.
- FORSYTHE, W.M. e LEGARDA B.L., 1978. Soil water and aeration red bean production. *Turrialba, Costa Rica*, 28(1):81-86.
- FRANZMEIER, D.P., E.P. WITESIDE e A.E. ERICKSON, 1960. Relationship of texture classes of fine carth to readily available water. In. 7th International Congress of Soil Science, Madison, Wisconsin, U.S.A., 1:354-363.
- GILBERT, W.B. e D.S. CHAMBLEE, 1959. Effect of depth of water table on yield of ladino clover, orchardgrass, and tall fescue. *Agronomy Journal*, Madison, 51(9):547-550.
- GOINS, T., J. LUNIN e H.L. WORLEY, 1966. Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. *Transactions of the ASAE*, Michigan, 9(4):530-533.

HARRIS, D.G., e C.H.M. van BAVEL., 1957. Growth, yield, and water absorption of tabacoo plants as affected by the composition of the root atmosphere. *Agronomy Journal*, Madison, 49(1):11-14.

HILLER, E.A., 1969. Quantitative evaluation of crop-drainage requirements. *Transaction of the ASAE*, Michigan, 12(4):499-505.

HOSNER, J.F. e A.L. LEAF., 1962. The effect of soil saturation upon the dry weight, ash content and nutrient absorption of various botton land tree seedlings. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 26(4):401-404.

JACKSON, W.T., 1956. The relative importance of factors causing to shoots of flooded tomato plants. *American Journal of Botany*, Baltimore, 43(9):637-9.

KRAMER, P.J. e W.T. JACKSON, 1954. Causes of injury to flooded tabacco plants. *Plant Physiology*, Washington, 29(3):241-245. p.780.

LETEY, J., L.H. STOLZY, e G.B. BLANK, 1962. Effect of duration and timing of low soil oxygen content on shood and root growth. *Agronomy Journal*, Madison, 54(1):34-37.

LUTHIN, J.N. ed., 1974. *Drenaje de Tierras Agrícolas*. México, Ecitorial Limusa, S.A., 684p.

- MARCOS, Z.Z., 1971. Morphologic and physical properties of fine texture oxirds, state of São Paulo. Tese PhD, Ohio State University, mimeografado, 272p.
- MENEZES, D.M. e M.M. PINTO, 1967. Influência do fator hídrico no desenvolvimento da cultura do feijão (*Ph. vulgaris*, L.) na baixada bluminense. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 2:383-389. p.520.
- MILLAR, A.A. 1974. *Drenagem de Terras Agrícolas*. I. Princípios, Pesquisas e Cálculos. Petrolina, Brasil, IICA, 164p.
- MILLER, D.E. e D.W. BURKE. 1977. Effect of temporary excessive wetting on soil aeration and *Fusarium* root rot of beans. *Plant Disease Reporter*, Washington, 61(3):175-179.
- OLIVEIRA, L.B., 1968. Determinação da macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura in deformada. *Pesq. Agropec. Bras.* 3:197-200.
- PEARSON, R.W. 1965. Soil environment and root development. In: PIERRE, W.H., ed. *Plant environment and efficient water use*, Madison, American Society of Agronomy, cap. 6.
- RANZANI, G., O. FREIRE e T. KINJO. 1966. *Carta de Solos do Município de Piracicaba*. Piracicaba, SP, C.E.S., Mimeografado, 83p.

- ROWE, R., e D. BEARDSELL., 1973. Waterlogging of fruit trees . Hort. Abstr. 43(9):533-548.
- SCARDUA, R., 1972. Porosidade livre de água de dois solos do município de Piracicaba, S.P. Tese de mestrado, E.S.A."Luiz de Queiróz", mimeografado, 83p.
- SILVA, C.C. da., 1980. Feijão. Informe Agropecuário, Belo Horizonte 6(65):50-54.
- STOLZY, L.H. e J. LETEY, 1964. Measurement of oxygen diffusion rates with the platinum microelectrode. III. Correlation of plant response to soil oxygen diffusion rates. *Hilgardia*. 35(20):567-576.
- VOYSEST V., O. 1977. *Água: relaciones e manejo*. Cali, Colombia, CIAT, 22p.
- WILLIAMSON, R.E., 1964. The effect of root aeration plant growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 28(1):86-90.
- WILLIAMSON, R.E. e J. van SCHILFGAARDE, 1965. Studies of crop response to drainage. II. Lyzimeters. *Transactions of the ASAE*, Michigan, 8(1):98-100,102.
- WILLIAMSON, R.E., 1968. Effect of water table depth and method of watering on yield of string beans. *Agronomy Journal*, Madison, 60:242-247.

WILLIAMSON, R.E. e G.J. KRIZ, 1970. Response of agricultural crops to flooding depth-of water table and soil gaseous composition. *Transactions of the ASAE, Michigan*, 13(2) : 216-220.

YU, P.T., L.H. STOLZEY, e J. LETEY, 1969. Survival of plants under prolonged flooded conditions. *Agronomy Journal, Madison*, 61(6):844-847.