

INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO, DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO
E DE CULTIVARES NA CULTURA DO FEIJÃO-DE-CORDA, *Vigna*
sinensis, (L.) Savi.

TEILMA HELENA TOMAZ DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

1983

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Telma Helena Tomaz de Carvalho

DISSERTAÇÃO APROVADA EM _____

Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders
- Orientador -

Prof. José Jackson Lima de Albuquerque

Prof. José Braga Paiva

Prof. Paulo Teodoro de Castro

Aos meus pais
MIGUEL E MAURA
meu afetuoso
reconhecimento

Ao
FERNANDO,
ANDRÉ e
ALINE

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. LUIS CARLOS UCHÔA SAUNDERS, orientador incansável, incentivador e amigo.

Ao Prof. JOSÉ MATIAS FILHO, pela confiança, amizade e conselhos nos momentos oportunos.

Ao Prof. FRANCISCO DE SOUZA, por sua amizade e prestimosa colaboração.

Ao Prof. MOISÉS CUSTÓDIO SARAIVA LEÃO, pelo estímulo e valioso apoio.

Ao Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA, Diretor do Centro de Ciências Agrárias, pelo apoio prestado.

Ao Prof. PAULO TEODORO DE CASTRO, pelo incentivo recebido no decorrer do Curso.

Ao Convênio CNPq/FCPC/BID - Dessalinização, pela oportunidade concedida.

Aos colegas MARCOS AUGUSTO ESTEVES ARARIPE e JOÃO HÉLIO TORRES D'ÁVILA, pela colaboração nos trabalhos de campo.

Às amigas GERALDA DE CARVALHO FEITOSA e MARIA ELMA DE CARVALHO, pela ajuda valiosa nos trabalhos datilográficos.

Ao amigo LÚCIO VASCONCELOS E SILVA, por seu esmero nos desenhos.

Aos operários de campo, humildes, mas imprescindíveis.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contri
buiram para a realização deste trabalho.

E finalmente a DEUS, por sua infinita bondade.

SUMÁRIO

	página
<u>LISTA DE TABELAS</u>	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	ix
<u>RESUMO</u>	x
<u>ABSTRACT</u>	xi
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	3
2.1 - <u>As relações solo-água-planta</u>	3
2.2 - <u>Necessidades hídricas</u>	5
2.3 - <u>População</u>	9
3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	11
3.1 - <u>Caracterização da área</u>	11
3.2 - <u>Determinações físico-químicas do solo</u>	13
3.3 - <u>Delineamento experimental</u>	19
3.4 - <u>Condução do experimento</u>	22
3.5 - <u>Sistema de condução d'água</u>	23
3.6 - <u>Controle da umidade do solo</u>	24
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	27
4.1 - <u>Elementos básicos de irrigação</u>	27
4.2 - <u>Análise estatística da produção</u>	32
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	43
6 - <u>LITERATURA CITADA</u>	44

LISTA DE TABELAS

TABELA		página
1	Dados da estação agrometeorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu (Pentecoste-CE). Anos de 1966 a 1980.	12
2	Características físicas do solo da área experimental.	14
3	Características químicas do solo da área experimental.	15
4	Delineamento experimental - grupo de confundimento W de YATES.	20
5	Lâminas d'água obtidas no teste de precipitação.	25
6	Parâmetros de irrigação do nível I_0	28
7	Parâmetros de irrigação do nível I_1	29
8	Parâmetros de irrigação do nível I_2	31
9	Produção de grãos em kg/ha da cultura do feijão-de-corda, por tratamento e repetição.	33
10	Médias de cultivares de feijão-de-corda frente aos diferentes níveis de irrigação (kg/ha).	34
11	Médias de cultivares de feijão-de-corda frente aos diferentes níveis de população (kg/ha).	34

TABELA

Página

12	Médias de irrigação frente aos diferentes níveis de população (kg/ha).	35
13	Análise de variância da produção de grãos. ..	38
14	Teste de Tukey para os níveis de irrigação. .	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		página
1	Curva característica da água do solo para a profundidade de 0 a 15 cm.	16
2	Curva característica da água do solo para a profundidade de 15 a 30 cm.	17
3	Curva característica da água do solo para a profundidade de 30 a 45 cm.	18
4	Arranjo do delineamento experimental.	21
5	Comportamento dos cultivares em função dos níveis de irrigação.	36
6	Comportamento dos cultivares em função da densidade de população.	39
7	Comportamento dos níveis de irrigação em função da população.	40

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido na Fazenda Experimental Vale do Curu, estado do Ceará, em um solo Aluvial Eutrófico de textura indiscriminada, consistiu na determinação da produtividade máxima de três cultivares de feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, submetidos a diferentes estresses hídricos e adensamentos populacionais.

O experimento baseou-se em um esquema fatorial 3 x 3 x 3 (cultivar, nível de irrigação e densidade populacional) com confundimento parcial de interação tripla. Foram usados três cultivares produzidos no Estado: C₀ - Cultivar CE-35 (Pitiúba); C₁ - Cultivar CE-315 e C₂ - Cultivar CE-370. A irrigação se processou sempre que o potencial mátrico do solo atingiu os seguintes valores: I₀ = -2,0 atm; I₁ = -0,6 atm e I₂ = -0,3 atm. O espaçamento entre fileiras foi de 0,80 m, enquanto as distâncias entre plantas foram: D₀ = 0,50 m; D₁ = 0,40 m e D₂ = 0,20 m.

Os cultivares Pitiúba, CE-315 e CE-370 não diferiram estatisticamente entre si. As distâncias de 0,50; 0,40 e 0,20 m entre plantas, igualmente não foram significativas em termos de diferenças estatísticas. O nível de irrigação I₂ apresentou diferença estatística significativa quando comparado com os outros níveis, alcançando a cultura uma produtividade média de 1.019 kg/ha com uma dotação de 385,2 mm, e um turno de rega de 8 dias. A evapotranspiração média diária foi de 5,2 mm.

ABSTRACT

This work was carried out on an alluvial soil of the Federal University of Ceará Experimental Farm "Fazenda Experimental do Vale do Curu", and consisted in determining maximum productivity of three varieties of cow pea, *Vigna sinensis* (L.) Savi, under different soil water stress and plant populations.

The experimental design was a 3^3 factorial (variety, irrigation treatment and plant population) partially confounded. Three varieties used in Ceará state grown: C_0 - Cultivar CE-35 (Pitiúba); C_1 - Cultivar CE-315 e C_2 - Cultivar CE-370. Irrigation treatments were applied whenever soil matric potential reached the following values: $I_0 = -2,0$ atm; $I_1 = -0,6$ atm and $I_2 = -0,3$ atm. Plant density consisted of: $D_0 = 0,50$ m x 0,80 m; $D_1 = 0,40$ m x 0,80 m and $D_2 = 0,20$ m x 0,80 m.

Varieties and plant population did not show statistical significance. However, irrigation treatment I_2 was statistically different from I_0 and I_1 , with mean productivity of 1.019 kg/ha. For this treatment the gross irrigation depth was 385,2 mm, which corresponds to a net irrigation depth of 53 mm applied every 8 days. Average evapotranspiration was 5,2 mm/day.

1 - INTRODUÇÃO

O feijão constitui uma das principais fontes proteicas para grande parte da população mundial, notadamente nos continentes africano, asiático e em parte do continente americano.

Com uma produção de 2,9 milhões de toneladas, em 1982¹, o Brasil apresenta-se como um dos maiores produtores desta leguminosa. No cenário nacional, o estado do Ceará figura como o segundo maior produtor, alcançando 167 mil toneladas em 1982, dos quais quase sua totalidade pertencem ao gênero *Vigna*, também conhecidos como feijão-de-corda, feijão macassar, feijão fradinho ou caupi.

O consumo de feijão-de-corda, combinado com o arroz, milho ou mandioca, representa um dos hábitos alimentares mais tradicionais na região Nordeste do Brasil. Não obstante a cultura contribuir com 70 a 80% da produção de grãos leguminosos cultivados para alimentação humana na região, o cultivo de feijão-de-corda é feito na sua maioria por pequenos produtores, constituindo-se como cultura de subsistência, com um rendimento médio em torno de 300 kg/ha, face à grande sensibilidade da cultura às frequentes irregularidades pluviométricas ocorridas na região.

A introdução de novas tecnologias tem reduzido sensivelmente os riscos e nesse contexto a irrigação ocupa papel relevante, propiciando mais estabilidade de produção.

Em contrapartida, os elevados custos de produção da cultura irrigada, são onerados em muito pelo insumo água,

¹IBGE/CEPAGRO-LSPA. 1982.

daí porque deve ser economicamente otimizado, para que as sim possa gerar mais recursos ao homem. Torna-se portanto, evidente que, somente a pesquisa científica poderá trazer tais benefícios, através da obtenção fidedigna de informa ções.

No presente trabalho procurou-se reunir informações sobre a produção de grãos de feijão-de-corda frente às popu lações de plantas, cultivares e lâminas de água aplicadas ao solo, para as condições do semi-árido nordestino, mais espe cificamente no Vale do Curu, estado do Ceará.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - As relações solo-água-planta

PEREIRA et alii (1974), classificaram a camada superficial do solo como a mais importante no ciclo hidrológico. Nela, afirmam, ocorrem interações entre a água da atmosfera, da planta e a água do solo, através dos processos de evapotranspiração, evaporação, escoamento superficial e drenagem profunda, além de sustentar todas as atividades agrícolas exercidas pelo homem, para as quais a água é o recurso natural de maior limitação.

TAYLOR et alii (1961), citado por COELHO (1971), afirmam que, para se quantificar o conteúdo de água existente na faixa de solo de domínio dos vegetais, há que se esclarecer que a resposta das plantas à umidade é estreitamente correlacionada com o trabalho necessário para remover água do solo, e que, o movimento da água no solo e na planta depende de diferenças de potencial ou energia.

VEIHMEYER e HENDRICKSON (1955), citados por REICHARDT (1975), atestam que as plantas utilizam indistintamente a água disponível no solo, desde a capacidade de campo ao ponto de murcha permanente, sem sofrerem quaisquer danos de natureza fisiológica. RICHARDS e WALDLEIGH (1952), ainda citados por REICHARDT (1975), contestam a hipótese anterior quando afirmam ser o potencial da água do solo e não a quantidade total de água disponível neste, o fator limitante para o desenvolvimento do vegetal, isto é, em um

solo com baixo potencial hídrico a planta desprenderá mais energia a fim de efetuar ativamente o transporte de água do meio externo para o seu interior, se comparado com uma outra em solo com elevado potencial de água.

DENMEAD e SHAW (1962), investigando as relações entre a transpiração real e potencial da cultura do milho, com o potencial de água do solo, confirmaram o efeito de condições dinâmicas entre a absorção de água pelas plantas e subsequente transpiração.

PENMAN (1963), postulou que, em um solo com adequado suprimento de umidade, a velocidade de transpiração das plantas depende exclusivamente das condições climáticas do ambiente. Se a velocidade de transpiração potencial é superior à velocidade de absorção de água pela planta, ocorre um certo grau de fechamento dos estômatos e uma redução na intensidade da fotossíntese.

REICHARDT (1975), considera a teoria exata da absorção de água pelas plantas algo extremamente difícil face às implicações inerentes das relações espaço-tempo envolvidas no processo. As raízes crescem desordenadamente nas mais diversas direções e até o momento não existe método experimental para se medir os gradientes e fluxos "microscópicos" nas vizinhanças das raízes. Acrescenta ainda que a quantidade de água absorvida pela planta não é, absolutamente, uma função somente de seu potencial no solo, dependendo ainda da habilidade das raízes em absorver a água do solo a que estão submetidas, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na transmissão desta água até as raízes, em uma proporção que satisfaça as exigências da transpiração, o que em outras palavras significa dizer que o fenômeno depende de fatores de solo (condutividade hidráulica, difusividade, relações entre umidade e potencial), da planta (densidade, profundidade, taxa de crescimento e fisiologia das raízes), e da atmosfera (déficit de saturação, vento e radiação disponível). Tais postulados entram em har

monia com outros defendidos por KRAMER (1969), citado por COELHO (1971), admitindo o mesmo que, é importante que se conheça, para cada planta cultivada sob regime de irrigação, o limite do potencial total da água do solo, além ou aquém do qual se observa uma redução significativa no rendimento da cultura.

2.2 - Necessidades hídricas

RAGGI et alii (1972), concluíram que o déficit hídrico na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), será muito mais prejudicial se ocorrer no período do início do florescimento e desenvolvimento das vagens.

MAGALHÃES e MILLAR (1978), estudando o efeito da deficiência hídrica imposta de forma contínua em diferentes períodos do ciclo fenológico do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), observaram que os rendimentos foram seriamente afetados quando o déficit de água perdurou por mais de 17 dias na fase fenológica em torno do período mais crítico, definido por MAGALHÃES e MILLAR (1978), como sendo o período do início da floração à plena floração. Os dados do rendimento relativo indicaram ter havido um decréscimo de 20% quando a cultura esteve 14 dias sem irrigação, atingindo o solo um potencial matricial de -1,7 bares na camada de 0 - 30 cm. Ao fim de 17 dias sem irrigação, os rendimentos decresceram em cerca de 38%, alcançando o solo um potencial matricial de -3,8 bares à mesma profundidade. Concluíram então, que é possível usar o período de maior resposta ao déficit de água para gerar a relação entre rendimento relativo e potencial matricial do solo, definindo assim o nível operacional de manejo de irrigação.

BARGAMASCHI & WESTPHALEN (1976), citados por PURCINO (1982), trabalhando com feijão do gênero *Phaseolus*, mantiveram a tensão de umidade, nos tratamentos de tensão

de água do solo, inferior a 1,0 atmosfera, durante todo o ciclo da cultura, desde a emergência até o início do florescimento. Verificaram que estes tratamentos foram estatisticamente mais produtivos que a testemunha não irrigada.

OLIVEIRA (1978), estudando as necessidades hídricas da cultura do feijão-de-corda para o Vale do Curu no Estado do Ceará, a partir das relações existentes entre evaporação das superfícies livres da água e a evapotranspiração das plantas, quando submetidas às mesmas condições de clima, observou que, mesmo no tratamento menos úmido, com o potencial da água do solo sendo mantido a -1,9 atmosferas, obteve-se uma produção média de 2.117 kg/ha, que é bem superior à produção média do Estado. Conclui o autor que o tratamento menos úmido poderia servir como ponto de partida para novas pesquisas de irrigação de feijoeiro do gênero *Vigna*.

GARRIDO et alii (1978), não encontraram diferenças estatisticamente significativas para a produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quando o conteúdo da água nos primeiros 30 cm de profundidade foi mantida a 20, 40 e 60 centímetros. Verificaram também que aproximadamente 90% das raízes se concentram nos primeiros 60 cm de profundidade.

GARRIDO & TEIXEIRA (1978 a), trabalhando na região Sul de Minas Gerais, em plantio de inverno, encontraram um uso consuntivo médio de 3,4 mm/dia e um turno de rega variável de 4 a 9 dias, para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Observaram ainda que, com o solo a 20% de água disponível, ocorria uma redução de 29% na produção em relação a 30% de água disponível. Comparado com o tratamento não irrigado, os que receberam irrigação apresentaram maior número de vagens por planta e melhor produção.

SILVA & MILLAR (1981), conduziram esse trabalho com o propósito de determinar a evapotranspiração do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* L.) sob regime de irrigação com diferentes doses de nitrogênio. Através de um balanço comple-

to de água, a evapotranspiração foi determinada, sob um regime de 466 mm de água aplicada durante o ciclo da cultura, sob doses de nitrogênio de 80 e 120 kg ha. A evapotranspiração acumulada foi de 301,49 mm (média geral de 3,68 mm/dia) e de 293,29 mm (3,58 mm/dia) nas condições de adubação de 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

GARRIDO & TEIXEIRA (1978 b), ainda trabalhando com *Phaseolus*, encontraram um turno de rega variando de 4 a 8 dias e um uso consuntivo médio de 4,17 mm dia.

BERNARDO et alii (1970), conduziram em Viçosa -MG, um experimento em casa de vegetação, onde observaram o efeito de três níveis d'água no solo sobre a produção de *Phaseolus vulgaris* L. O reinício da irrigação ocorria quando o solo atingia tensões de 0,5; 0,65 e 0,75 atmosferas, o que definia naturalmente cada um dos três tratamentos. A maior produção verificou-se no tratamento correspondente a 0,5 atmosferas de tensão da água do solo. Observaram ainda que o tratamento mais úmido apresentou-se como o mais precoce e que, quando a tensão atingia 0,75 atm as plantas manifestavam sintomas de deficiência d'água.

SILVA et alii (1978), realizando um trabalho no Campo Experimental de Bebedouro no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido em Petrolina, estudaram os efeitos da lâmina de água e de adubação nitrogenada sobre a produção de feijão "macassar" (*Vigna sinensis* (L.) Savi), utilizando o sistema de irrigação por aspersão em linha.

As lâminas de água aplicadas foram 471, 466, 378, 285 e 235 mm. As irrigações foram feitas sempre que a umidade do solo no terço médio da parcela atingia 5,5% (-0,5 bar de potencial matricial).

Verificaram que a aplicação de água aumentou linearmente a produção de grãos nos níveis de 80 a 120 kg de nitrogênio por hectare.

MONTEIRO (1974), estudou o efeito de três níveis de umidade disponível em solos da Fazenda Experimental do Vale do Curu - Estado do Ceará, sobre a produção de quatro cultivos de feijão-de-corda. As irrigações foram efetuadas sempre que os conteúdos de água disponíveis atingiram 25% (N_1), 50% (N_2) e 75% (N_3), o que representavam um consumo de água pela planta de 75%, 50% e 25% respectivamente. Referidos tratamentos correspondiam às tensões de 2,4; 0,8 e 0,5 atm. O tratamento correspondente a 50% de água disponível (0,8 atm), apresentou-se com uma produção superior aos outros dois e os mesmos diferiram estatisticamente. O turno de rega médio foi de 14 dias para o nível N_1 , 11 dias para o nível N_2 e 7 dias para o nível N_3 . O cultivar Pitiúba foi superior aos cultivares Seridó, Potomac e 175 em todos os tratamentos.

GARRIDO et alii (1978), citado por PURCINO (1982), em pesquisa realizada no Norte de Minas Gerais, verificaram que os tratamentos mais úmidos, isto é, com o solo a 80 e 60% de água disponível, apresentaram maior número de vagens por plantas, grãos maiores e mais pesados e maior produtividade que os tratamentos caracterizados pelo solo a 20 e 40%.

PINHEIRO (1977), realizando estudos com feijão macassar, *Vigna sinensis* (L.) Savi, no Perímetro Irrigado do Curu/Recuperação, em Pentecoste-CE, observaram que, com o solo a 50% de água disponível, alcançaram uma produção de até 1.926 kg/ha, com uma dotação de rega de 9.437 m³/ha em 11 irrigações. Verificaram ainda que, a produção sofreu uma queda de 31% e 11% quando a irrigação foi suspensa na época da floração e maturação das vagens, respectivamente.

RESENDE et alii (1981), afirmam que o grau de estresse e a frequência de irrigação afetaram a produção de sementes de feijão Kidney (*Phaseolus vulgaris* L.) quando a unidade de produção foi relacionada com a unidade de água evapotranspirada, sendo que a produção, para um mesmo nível de evapotranspiração, foi maior nos tratamentos de frequência

normal do que nos de alta frequência. A diferença na evapotranspiração para um mesmo valor de produção entre as duas frequências, foi atribuída à diferença de evaporação até o ponto em que a cultura atingiu 100% de cobertura vegetal.

SILVA (1982), submeteu a zona radicular do feijoeiro a 2, 4 e 6 dias de inundação através de vasos comunicantes de níveis constantes ("Sistema Mariotte") medindo posteriormente o peso seco das raízes, número de vagens por planta, área foliar e produção por planta, chegou às seguintes conclusões: todos os parâmetros foram afetados pela inundação, especialmente a produção por plantas. Na floração, a produção foi reduzida em 47,5%, 56,9% e 67,6% respectivamente, quando ocorreu inundação para 2, 4 e 6 dias. Finalmente concluiu que, quando se deseja maximizar produção para o feijão deve-se evitar, mesmo pequenos períodos de inundação.

2.3 - População

YAO & SHAW (1964) e ALESSI (1975), citados por WALDO ESPINOZA et alii (1980), verificaram que elevadas densidades de plantio permitem maior interceptação da energia radiante e possibilitam a chegada de menor quantidade de energia à superfície do solo, evitando, assim, perdas pelo componente evaporação e evapotranspiração. CHING CHOY et alii (1977), citados pelo mesmo, comentam que no caso de muitas culturas com plantios em espaçamentos estreitos se obtém um sombreamento maior do solo, reduzindo, assim, a radiação líquida que chega a todas as folhas da planta. Tal fato gera uma evapotranspiração que pode ser menor que aquela apresentada pela mesma cultura quando em menor densidade de plantio.

RAIVA & ALBUQUERQUE (1970), em pesquisa realizada na Fazenda São Raimundo, localizada no município de Capistrano,

Ceará, Brasil, analisaram o efeito do espaçamento entre plantas sobre o rendimento do feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savi. Dos cinco tratamentos ensaiados (A - 1,00 x 0,25 m; B - 1,00 x 0,50 m; C - 1,00 x 0,75 m; D - 1,00 x 1,00 m; E - 1,00 x 1,50 m), observaram que o espaçamento de 1,00 x 0,25 m diferiu a nível de 1% de probabilidade dos demais, tendo sido o mais produtivo. Verificaram ainda que a redução do espaçamento dentro da linha, provocou um aumento considerável na produção de grãos e que, para cada 25 cm de aumento no espaçamento dentro da linha, ocorreu uma queda na produção de 49 kg/ha.

PAIVA et alii (1974), estudando o efeito do espaçamento na produção do feijão-de-corda em sete municípios do Estado do Ceará, observaram que houve decréscimo na produção à medida que o espaçamento aumentava. O melhor tratamento correspondeu ao espaçamento de 0,50 m entre plantas. As distancias entre linhas para todos os tratamentos foram mantidas em 1,0 m, apresentando este tratamento uma densidade de plantio de 40.000 plantas por hectare.

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Caracterização da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curu, unidade de apoio de pesquisa do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Localizada no município de Pentecoste, a 100 km de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil, a fazenda acha-se encravada entre os paralelos $3^{\circ}45'$ e $4^{\circ}00'$, latitude sul e os meridianos $39^{\circ}45'$ e $39^{\circ}30'$ a oeste de Greenwich.

Possui clima seco, classificado segundo Wilhelm Koeppen como BShW', que se caracteriza por apresentar a temperatura do mês mais frio nunca inferior a 18°C , concentrando-se as precipitações no período de janeiro a maio (verão-outono). De acordo com os parâmetros utilizados por Thornthwaite, o clima classifica-se como semi-árido D, com índice efetivo de umidade igual a $-36,1$ mm. O balanço hídrico elaborado para uma capacidade de armazenamento de 125 mm, apresentou uma deficiência de 1.075 mm e nenhum excedente anual.

As demais referências agro-meteorológicas estão apresentadas na TABELA 1.

O experimento foi instalado em uma área codificada como B-TI, com solos aluvionais. Baseando-se nos critérios de classificação adotados pela equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura, COELHO (1971), classificou o solo da área experimental como Aluvial Eutrô

TABELA 1 - Dados da Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu (Pentecoste-CE) - anos de 1966 - 1980.

Meses	Temperatura do Ar					Umidade de Relativa	Vento		Radiação Solar cal/cm ²	Insolação horas	Evaporação mm	Precipitação mm	Nebulosidade n/10	Pressão Atmosférica mm Hg
	Média Comp. °C	Média Máxima °C	Média Mínima °C	Máxima Absol. °C	Mínima Absol. °C		Dir.	Vel. m/s						
jan.	27,8	33,7	23,0	36,8	20,2	71,8	NE	4,7	13.254	207,3	132,6	62,9	4,7	750,6
fev.	27,0	32,4	22,6	37,0	19,8	78,9	NE	4,0	11.822	162,7	84,5	129,5	5,6	750,0
mar.	26,2	31,0	22,4	36,0	20,4	84,7	N	2,6	12.266	145,0	55,8	174,6	6,5	750,9
abr.	26,2	31,0	22,3	35,4	20,2	85,2	N	2,7	11.883	155,7	54,1	175,4	5,6	750,5
maio	26,2	31,0	21,8	35,6	19,4	84,1	S	2,6	12.442	189,4	64,0	136,3	4,9	751,6
jun.	26,0	31,0	21,1	35,3	18,3	79,4	S	3,0	11.865	201,5	86,1	51,3	4,0	752,5
jul.	26,2	32,0	21,0	36,4	16,5	73,6	ESE	3,6	12.832	224,7	122,3	33,5	3,6	752,9
ago.	27,1	33,8	21,5	37,0	17,0	65,9	E	4,5	14.271	265,4	162,2	5,8	2,5	752,4
set.	27,7	34,5	22,2	37,4	19,4	65,5	E	5,7	14.611	265,0	163,0	9,2	2,4	752,2
out.	28,0	34,7	22,5	37,2	19,0	66,7	NE	5,5	14.642	264,5	168,6	4,7	2,8	750,8
nov.	28,1	34,6	22,3	36,7	18,3	66,3	NE	5,4	14.312	257,5	154,4	5,6	3,3	750,7
dez.	28,1	34,2	22,7	36,7	19,5	67,9	NE	4,9	14.168	243,3	149,9	17,3	3,7	750,6
soma										2.573,0	1.397,5	806,1		
Média	27,0	32,8	22,1			74,1	NE	4,1					4,1	751,3

fico, argila de atividade alta, horizonte A fraco, textura arenosa ou Typic Torrifuvent, esta última de acordo com o sistema americano de classificação, 7^a aproximação (USDA, 1967).

3.2 - Determinações físico-químicas do solo

As análises das características físicas e químicas do solo, realizadas pelo Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias, estão apresentadas nas TABELAS 2 e 3.

A capacidade de campo do solo foi determinada com base na obtenção da condutividade hidráulica não saturada sob condições de campo, pelo método do perfil proposto por HILLEL e modificado por SAUNDERS, 1980.

Determinou-se a densidade aparente do solo usando-se o "anel de Kopecky".

As curvas características da água do solo, idealizadas para as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, construídas por SAUNDERS (1980), foram elaboradas para as tensões de 0,1; 0,3; 0,6; 2,0 e 15,0 atm, utilizando-se para tanto a membrana de RICHARDS (1 - 15 atm) e a panela de pressão (0,1 - 1,0 atm).

TABELA 2 - Características físicas do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Grau de Floculação	Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila					
0 - 20	13,2	54,2	22,0	10,6	8,7	1,57	2,53	18	Franco Arenoso
20 - 40	13,4	56,7	19,3	10,6	8,6	1,57	2,63	19	Franco Arenoso

TABELA 3 - Características químicas do solo da área experimental

Profundidade	Complexo Sortivo ME/100 g Solo								100 S/T V(%)	C (%)	N (%)	PSI	CE (mmhos/cm)
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T					
0 - 20	5,70	3,40	0,50	0,41	0,00	0,00	10,01	10,01	100	0,696	0,070	4,10	1,39
20 - 40	6,50	2,40	0,37	0,36	0,00	0,00	9,63	9,63	100	0,600	0,056	3,74	0,75

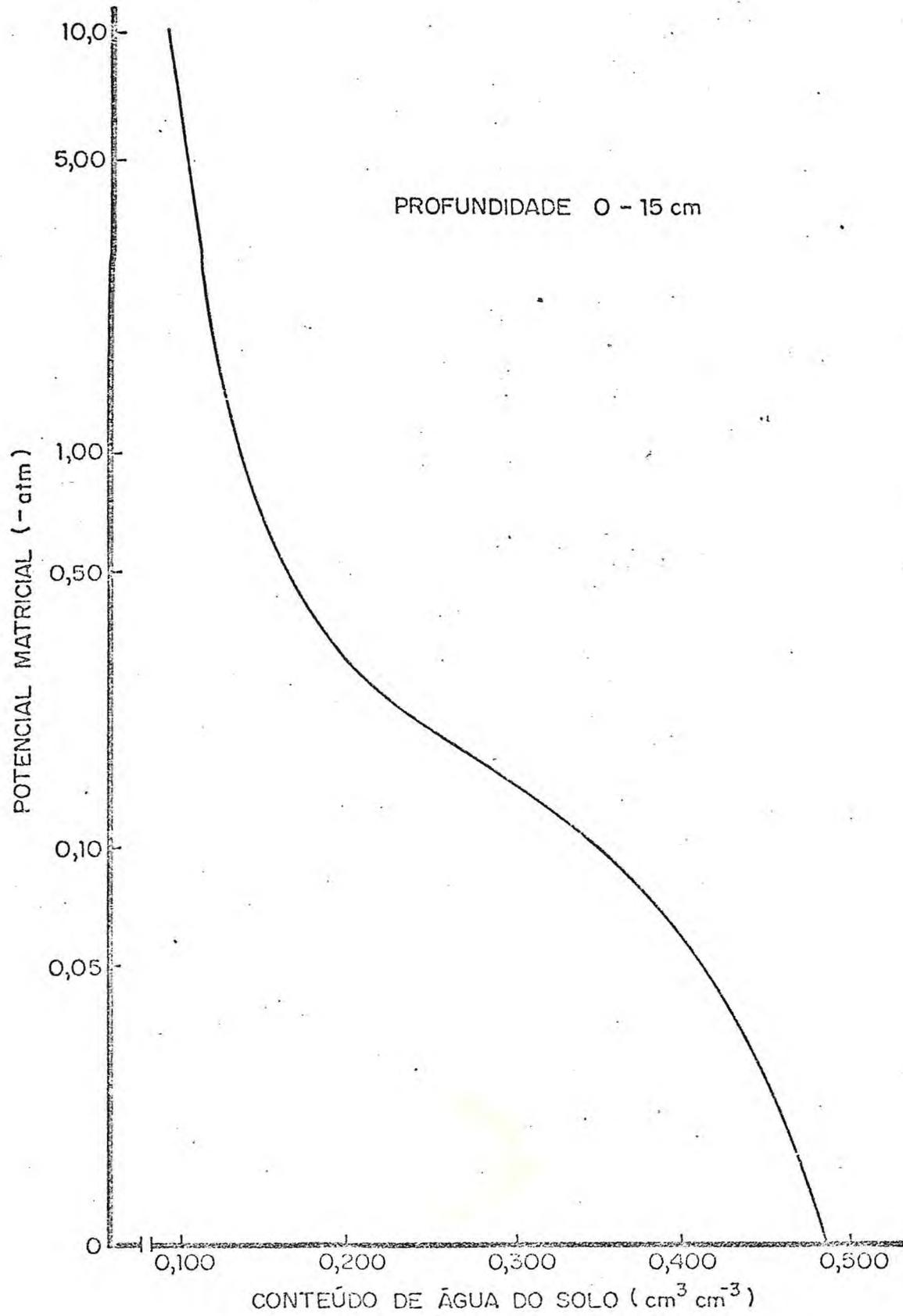


FIGURA 1 - Curva característica da água do solo para a profundidade de 0 a 15 cm.

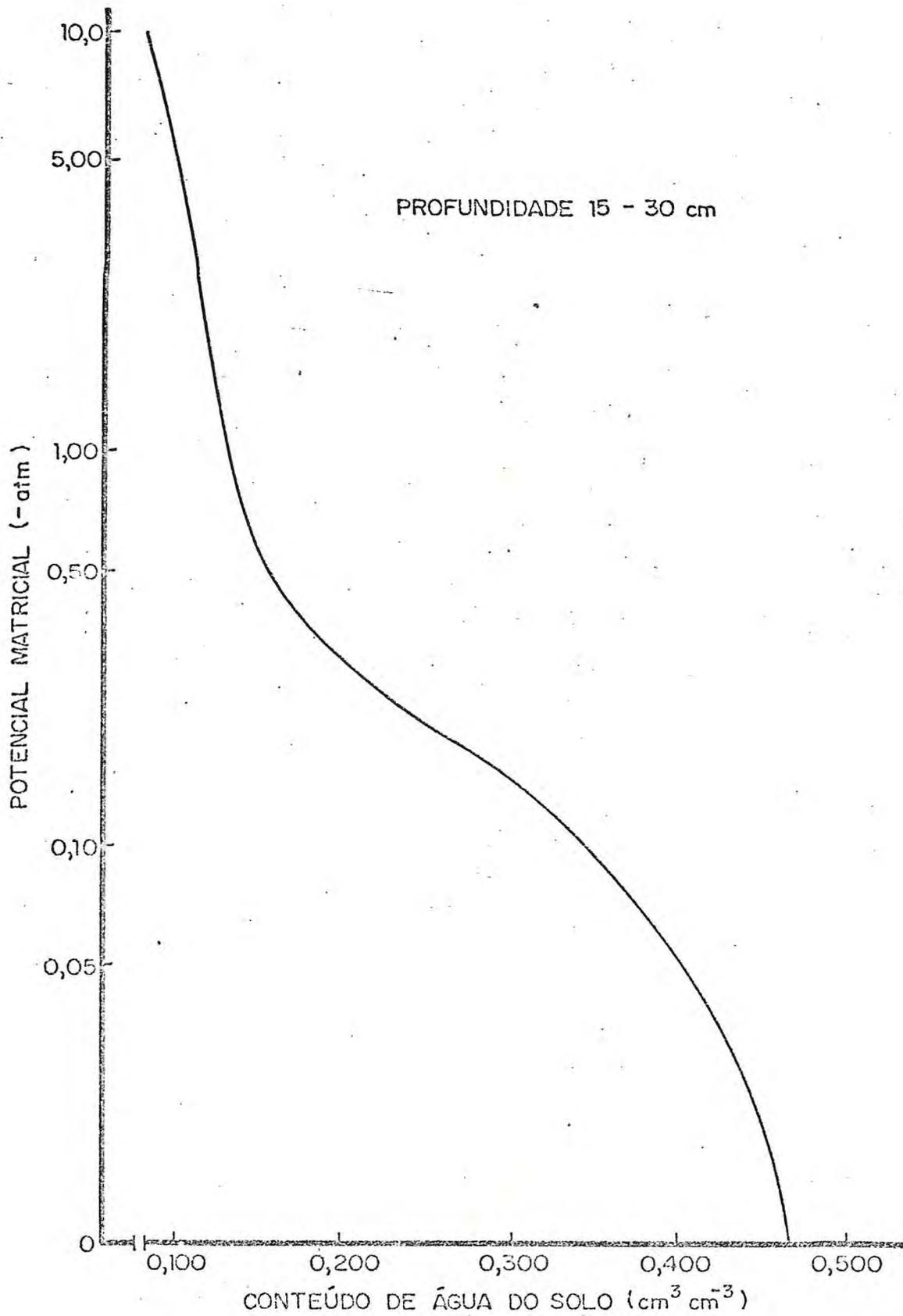


FIGURA 2 - Curva característica da água do solo para a profundidade de 15 a 30 cm.

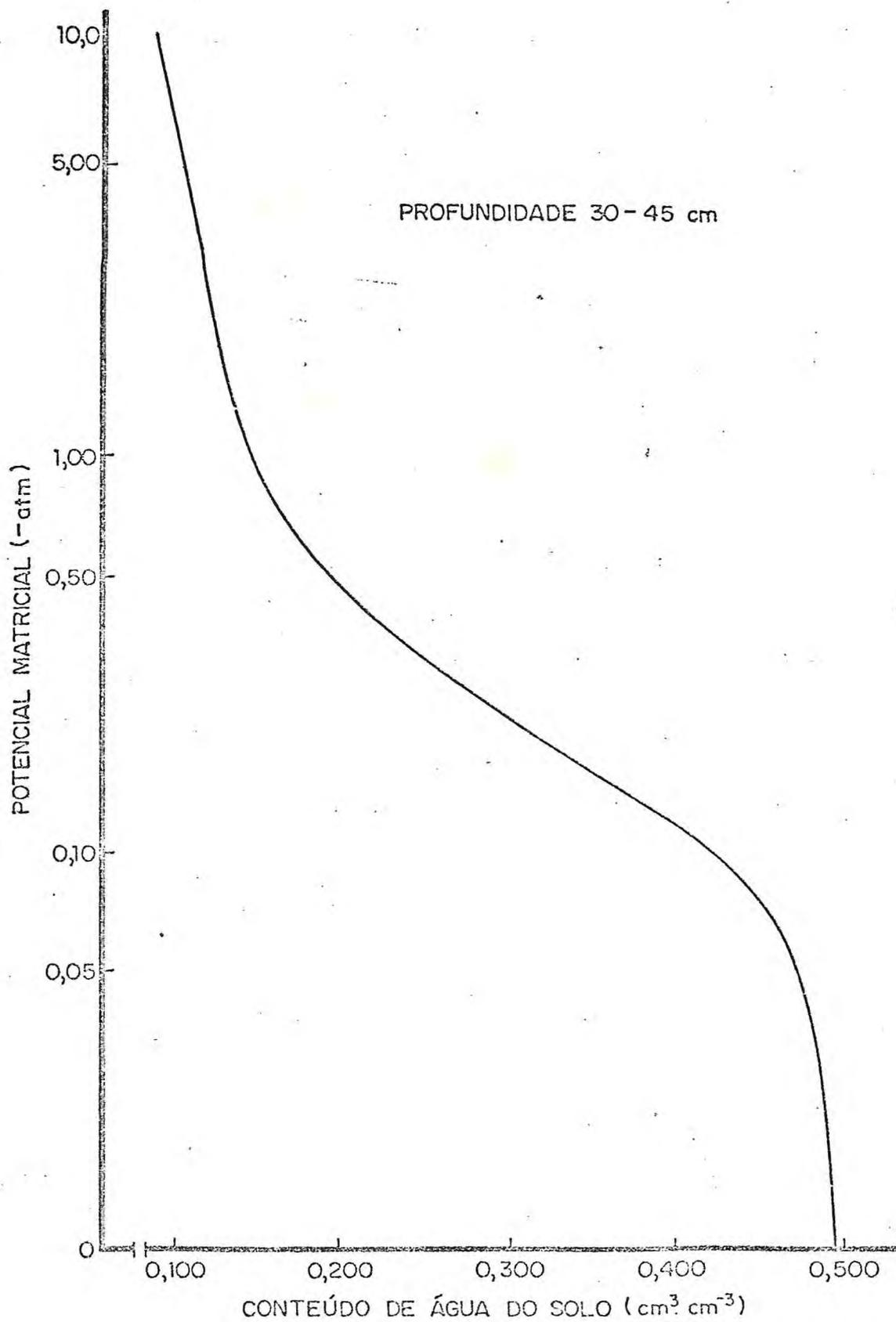


FIGURA 3 - Curva característica da água do solo para a profundidade de 30 a 45 cm.

3.3 - Delineamento experimental

O experimento baseou-se em um esquema fatorial 3 x 3 x 3 (cultivar, níveis de irrigação e densidade populacional) com confundimento parcial da interação tripla com dois graus de liberdade, aplicando-se para isso, o grupo de confundimento W de YATES, citado por GOMES (1973).

O delineamento apresentado na TABELA 4 está assim representado:

- C - cultivar
- I - irrigação
- D - densidade populacional

O experimento contou com 27 parcelas de 6 x 12 m, com duas repetições (FIGURA 4).

Foram utilizados três cultivares de portes diferentes:

- C₀ - cultivar CE-35 (Pitiúba) - porte decumbente
- C₁ - cultivar CE-315 - porte semi-ereto
- C₂ - cultivar CE-370 - porte ereto

No Estado do Ceará, o cultivar Pitiúba apresenta-se como um dos mais difundidos conquistando a preferência do consumidor, por possuir sementes grandes e de coloração marrom, PAIVA (1977), enquanto os outros dois cultivares, apesar de apresentarem boa produtividade não gozam de tanta aceitação, por produzirem grãos menores.

Os cultivares foram irrigados quando o potencial mátrico do solo atingiu os seguintes valores:

- I₀ = - 2,0 atm
- I₁ = - 0,6 atm
- I₂ = - 0,3 atm

TABELA 4 - Delineamento experimental - Grupo de confundimento W de YATES.

1ª Bloco	2ª Bloco	3ª Bloco
$C_0 I_0 D_0$	$C_0 I_0 D_1$	$C_0 I_0 D_2$
$C_0 I_1 C_2$	$C_0 I_1 D_0$	$C_0 I_1 D_1$
$C_0 I_2 D_1$	$C_0 I_2 D_2$	$C_0 I_2 D_0$
$C_1 I_0 D_1$	$C_1 I_0 D_2$	$C_1 I_0 D_0$
$C_1 I_1 D_0$	$C_1 I_1 D_1$	$C_1 I_1 D_2$
$C_1 I_2 D_2$	$C_1 I_2 D_0$	$C_1 I_2 D_1$
$C_2 I_0 D_2$	$C_2 I_0 D_0$	$C_2 I_0 D_1$
$C_2 I_1 D_1$	$C_2 I_1 D_2$	$C_2 I_1 D_0$
$C_2 I_2 D_0$	$C_2 I_2 D_1$	$C_2 I_2 D_2$

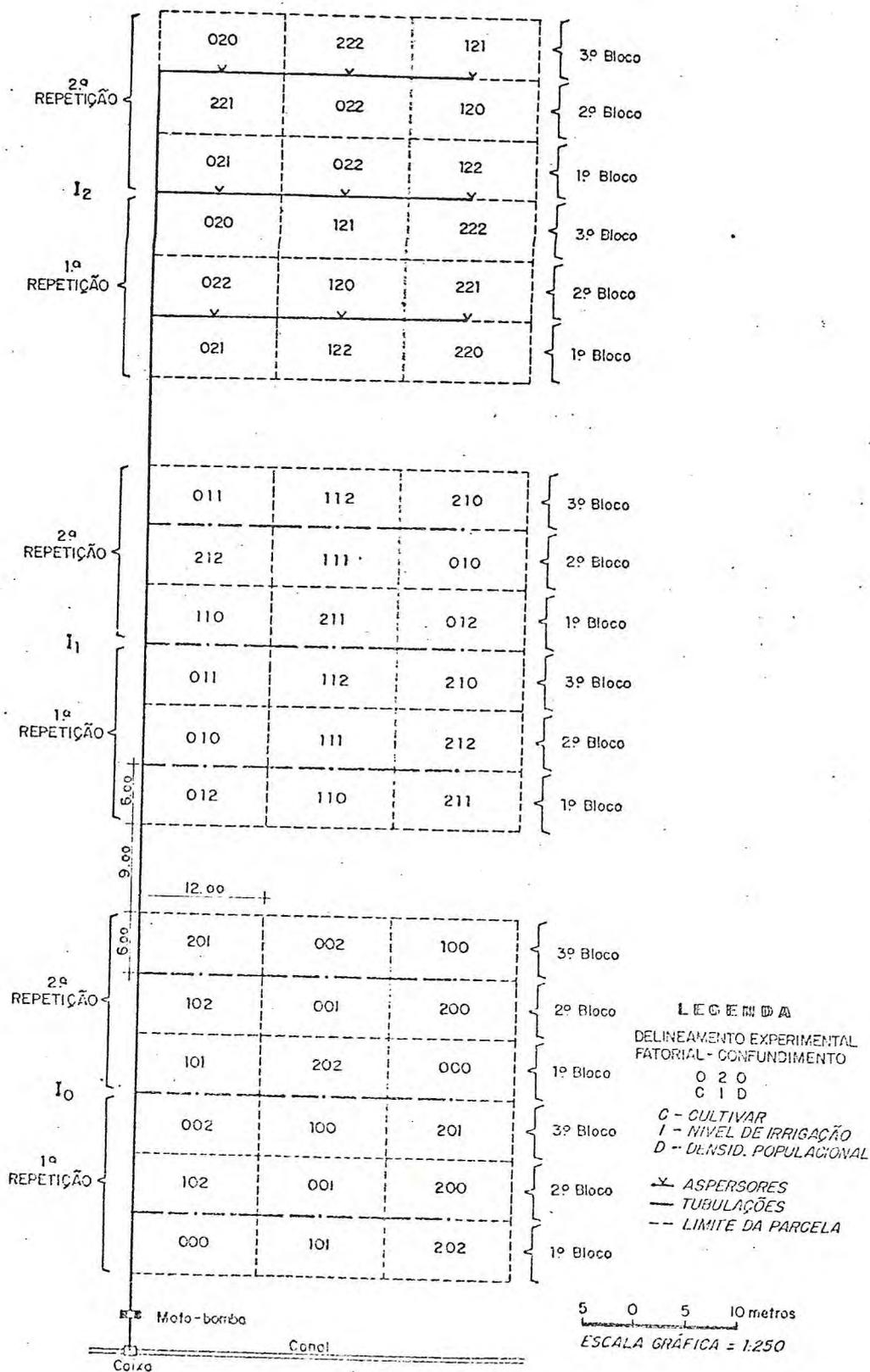


FIGURA 4 - Arranjo do delineamento experimental.

O terceiro fator analisado foi a densidade populacional, para isso manteve-se constante as distancias entre linhas (0,8 m) e variou-se a distância entre plantas dos cultivares de porte decumbente, semi-ereto e ereto:

$$D_0 = 0,50 \text{ m}$$

$$D_1 = 0,40 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,20 \text{ m}$$

3.4 - Condução do experimento

O preparo da área do experimento foi iniciado com as operações usuais de roçagem, aração e gradagem, em seguida foram aplicados uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio (60 - 120 - 60), nos 4.752 m² da área do experimento. Após a marcação dos blocos e parcelas, foram abertas covas na profundidade de 5,0 cm, obedecendo-se as distâncias previamente definidos. Em seguida iniciou-se o plantio manual, empregando-se 5 sementes por cova. As sementes foram fornecidas pelo Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Após o plantio, aplicou-se uma lâmina de água uniforme em todo o experimento. No 7º dia fez-se o replantio de toda a área, garantindo-se desse modo a uniformidade do estante.

Verificou-se na primeira semana o aparecimento de duas pragas: lagarta rosca, *Agrotis ipsilon* Hufnagel e broca do coletó, *Elasmopalpus lignosellus* Zeller, contra as quais fez-se uma aplicação de carbaril 85PM, em pulverização dirigida para a parte basal das plantas. No 20º dia após o plantio, foi constatada a presença do pulgão, *Aphis gossypii* Glover, quando então usou-se o monocrotofós 60 CE para o seu controle, mediante duas pulverizações intervaladas de 14 dias. No 42º dia foram coletadas algumas plantas que depois de analisadas no Laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Cea-

rã, comprovou-se a presença de *Fusarium solani*. Observou-se que a maior incidência ocorreu em plantas submetidas ao maior estresse de irrigação, fato que veio comprovar a preferência do fungo por solos mais secos e com temperatura variando entre 22 a 34°C (KIMATI, 1980). Constatou-se ainda o Mosaico e a Mancha Vermelha, porém em proporções bem menores. Durante o experimento, foram retiradas do campo 600 plantas injuriadas. Com 14.464 covas, cada uma em média com duas plantas, tinha-se uma média de 28.928 plantas em toda a área. De onde se conclui um percentual de 2% de perdas.

No 34º dia verificou-se o início da floração no cultivar CE-370, ocorrendo nos três níveis de irrigação, porém o maior índice de plantas floradas verificou-se no tratamento I₀, o que era de se esperar, por ser este o tratamento menos úmido. Sete dias depois surgiram flores nos outros cultivares, Pitiúba e CE-315. A presença das primeiras vagens maduras foi comprovada no 54º dia, todas do cultivar CE-370, todavia a primeira colheita só veio a ser efetuada no 62º dia quando então se colheu somente este cultivar. A segunda e terceira colheitas foram realizadas no 70º e 74º dias, respectivamente. Depois de coletado e acondicionado em sacos de algodão, foi exposto ao sol, batido, sessado e finalmente pesado.

3.5 - Sistema de condução d'água

A água, proveniente do açude General Sampaio, é conduzida até a Fazenda Experimental do Vale do Curu pelo canal principal P₁. Daí, a condução até o experimento é feita pelo canal secundário S₁, que domina grande parte da área irrigada da fazenda. Uma acéquia em alvenaria permitia a retirada d'água para o experimento através de um sistema moto-bomba. Este era acoplado a um conjunto de irrigação por aspersão, que com tubulações de 1.1/2" na linha principal e lateral, permitia uma pressão de serviço de 15 m.c.a. nos as

persores marca Samoto modelo AJS setorial, metálico com bocal único de 4,3 mm de diâmetro e ângulo do jato de 30°.

Para determinação da intensidade de precipitação realizou-se um teste que consistiu na instalação de vários pluviômetros sobre a área de domínio dos aspersores, constatando-se no final uma intensidade de precipitação média de 10,7 mm/h com um coeficiente de uniformidade de Christiansen de 69%. (Ver TABELA 5).

3.6 - Controle da umidade do solo

Para a determinação do conteúdo de água do solo, utilizou-se dois métodos convencionais: 1) o gravimétrico ou padrão, tomando-se amostras de solo às profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm em seis parcelas tomadas aleatoriamente, do tratamento I₀. Observe-se que o reinício da irrigação era baseado nas determinações realizadas a 20 cm e a quantidade água aplicada na depleção da umidade do solo, fornecida pelas medidas realizadas a 20 e 40 cm; 2) tensiometria, medindo-se a quantidade de água para os outros dois tratamentos feita indiretamente através de duas baterias de seis tensiômetros, instalados às profundidades de 20 e 40 cm. Os tensiômetros instalados a 20 cm se prestaram para indicar o reinício da irrigação e este, juntamente com os de 40 cm, para se determinar a lâminas d'água a ser aplicada (FIGURA 5).

TABELA 5 - Lâminas d'água obtidas no teste de precipitação.

Pluviômetros	y_i (mm/h)	\bar{y} (mm/h)	$y_i - \bar{y}$ (mm/h)
1	4,0		6,7
2	4,8		5,9
3	5,6		5,1
4	8,0		2,7
5	10,3		0,4
6	6,4		4,3
7	8,0		2,7
8	15,9		5,2
9	11,9		1,2
10	8,0		2,7
11	8,0		2,7
12	15,9		5,2
13	23,8		13,1
14	15,9		5,2
15	9,5		1,2
16	27,8		17,1
17	15,9		5,2
18	8,0		2,7
19	4,0		6,7
20	4,8		5,9
21	15,9		5,2
22	17,5		6,8
23	8,0		2,7
24	13,5		2,8
25	13,5		2,8
26	12,0		1,3
27	8,0		2,7
28	9,5		1,2
29	10,0		0,4
30	9,5		1,2

$V = 10,7 \text{ mm/h}$

TABELA 5 - (Continuação)

Pluviômetros	y_i (mm/h)	\bar{y} (mm/h)	$y_i - \bar{y}$ (mm/h)
31	17,5	$\bar{y} = 10,7$ mm/h	6,8
32	8,0		2,7
33	9,5		1,2
34	15,9		5,2
35	9,5		1,2
36	8,0		2,7
Total			148,8

y_i - lâmina individual de água coletada

\bar{y} - lâmina média coletada

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Elementos básicos de irrigação

Para uniformizar o estande, duas irrigações uniformes de 40 mm foram aplicadas em todo o experimento no 6º e 13º dia após o plantio. A partir desta data processou-se o controle da umidade do solo visando-se aplicar os estresses previamente estabelecidos nos três níveis de irrigação. A análise dos elementos básicos de irrigação está baseada nos valores obtidos a partir do controle do potencial matricial da água do solo.

Para o nível de irrigação I_0 (TABELA 6) que correspondia em média, a uma lâmina bruta de 103 mm, a irrigação se processava sempre que o potencial matricial, em média atingia um valor de -2,0 atm, o qual correspondia a uma depleção do conteúdo de água do solo de $0,226 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. Esta depleção representa a diferença entre o conteúdo de água existente entre a capacidade de campo e o ponto de umidade crítica, que correspondeu a $0,343$ e $0,117 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, respectivamente. Este nível de irrigação permitiu que se definisse um turno de rega de 16 dias para uma frequência de três irrigações. Considerando a lâmina líquida média de 82 mm por irrigação, pode-se então estimar um uso consuntivo médio diário de 5,0 mm sem levar em consideração a percolação profunda.

Com uma lâmina bruta média de 90,8 mm, as plantas submetidas ao nível de irrigação I_1 (TABELA 7) eram irrigadas sempre que o potencial matricial médio do solo atingia

TABELA 6 - Parâmetros de irrigação do nível I_o

Data	Período (dias)	Frequên- cia	Ψ m -(cmH ₂ O)	Ψ crítico (cm ³ .cm ⁻³)	θ cc (cm ³ .cm ⁻³)	Lâmina Líquida (mm)	(l/parc.)	Lâmina Bruta (mm)	(l/parc.)	ETA/dia (mm)
11.09.80	-	1	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	-
17.09.80	6	2	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	5,3
24.09.80	7	3	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	4,6
09.10.80	15	4	3.000	0,105	0,343	71,4	5.140	89,3	6.429	4,7
24.10.80	15	5	1.300	0,126	0,343	86,8	6.249	108,5	7.812	5,8
12.11.80	19	6	1.500	0,121	0,343	88,8	6.393	111,0	7.992	4,6
Média	-	-	1.930	0,117	0,343	-	-	-	-	5,0
Total	62	-	-	-	-	247,0	-	308,8	-	-

TABELA 7 - Parâmetros de irrigação do nível I₁.

Data	Período (dias)	Frequên cia	Ψ m -(cmH ₂ O)	Ψ crítico (cm ³ .cm ⁻³)	θ cc (cm ³ .cm ⁻³)	Lâmina Líquida (mm) (l/parc.)		Lâmina Bruta (mm) (l/parc.)		ETA/dia (mm)
11.09.80	-	1	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	-
17.09.80	6	2	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	5,3
24.09.80	7	3	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	4,6
07.10.80	13	4	523	0,151	0,343	57,6	4.147	72,0	5.184	4,4
21.10.80	14	5	550	0,150	0,343	77,2	5.558	96,5	6.948	5,5
07.11.80	17	6	602	0,150	0,343	83,2	5.990	104,0	7.488	4,9
Média	-	-	558	0,150	0,343	-	-	-	-	5,0
Total	57	-	-	-	-	218,0	-	272,5	-	-

-0,6 atm, o que significava uma diferença entre a capacidade de campo e o ponto de umidade crítica de $0,193 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. O intervalo entre irrigações manteve-se em torno dos 14 dias nas três irrigações de controle. Com uma lâmina líquida média de 72,6 mm em cada irrigação, a cultura consumiu em média por dia 5,0 mm.

Já o nível de irrigação I_2 , caracterizado pela exigência de um potencial matricial médio do solo de -0,3 atm, a lâmina bruta média por irrigação foi de apenas 53,0 mm, enquanto a lâmina líquida média por irrigação era de apenas 45,6 mm. Com este procedimento obteve-se um uso consuntivo médio diário de 5,2 mm. O turno de rega médio foi de 8 dias, em 5 irrigações.

Comparando-se os resultados dos três níveis de irrigação apresentados nas TABELAS 6, 7 e 8, constata-se que no terceiro nível o uso consuntivo apresentou um valor médio superior aos outros dois, o que pode ser justificado por um menor gasto de energia pelo vegetal para extrair a água do solo, uma vez que o potencial matricial mínimo do nível de irrigação I_2 é menor que o do I_1 e I_0 , ou seja, $I_2 = -0,3 \text{ atm}$, $I_1 = -0,6 \text{ atm}$ e $I_0 = -2,0 \text{ atm}$. Por outro lado, com irrigações mais freqüentes do nível de irrigação I_2 (cinco irrigações) pode-se inferir uma maior percolação neste nível, o que viria a superestimar o uso consuntivo obtido.

O volume d'água aplicado por nível de irrigação é praticamente idêntico nos três níveis quando comparados com o período de controle da irrigação, apresentando um valor médio de dotação d'água diária de 6,3 mm. Com respeito ao turno de rega e à freqüência de irrigação, em média, os níveis I_2 , I_1 e I_0 apresentam valor de 8, 14 e 16 dias e 5, 3 e 3 irrigações, respectivamente.

TABELA 8 - Parâmetros de irrigação do nível I₂.

Data	Período (dias)	Frequên- cia	Ψ m -(cmH ₂ O)	Ψ crítico (cm ³ .cm ⁻³)	θ cc (cm ³ .cm ⁻³)	Lâmina Líquida		Lâmina Bruta		ETA/dia (mm)
						(mm)	(l/parc.)	(mm)	(l/parc.)	
11.09.80	-	1	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	-
17.09.80	6	2	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	5,3
24.09.80	7	3	-	-	-	32,1	2.310	40,1	2.887	4,6
29.09.80	5	4	149	0,285	0,343	25,5	1.836	31,8	2.290	5,1
05.10.80	6	5	180	0,250	0,343	37,2	2.678	46,5	3.348	6,2
12.10.80	7	6	205	0,232	0,343	44,4	3.097	47,6	3.427	6,3
20.10.80	8	7	194	0,238	0,343	42,0	3.024	52,5	3.780	5,3
06.11.80	16	8	319	0,185	0,343	69,2	4.982	86,5	6.228	4,3
Média	-	-	228	0,223	0,343	-	-	53,0	-	5,2
Total	42	-	-	-	-	218,3	-	264,9	-	-

4.2 - Análise estatística da produção

Cada parcela, 6 m x 12 m, contava com 7 fileiras de plantas distanciadas de 0,80 m entre si, das quais se eliminou as duas que integravam seu perímetro, por serem identificadas como bordaduras e portanto passíveis de sofrerem influências da parcela adjacente. Também foram consideradas bordaduras as duas carreiras de plantas periféricas posicionadas segundo a menor dimensão da parcela. A produção em kg/ha (TABELA 9) foi analisada estatisticamente, conforme se pode observar pelos resultados expressos na TABELA 10 da análise de variância.

A fim de se observar o comportamento da produção média de uma variável na presença de uma outra, foram construídas as TABELAS 10, 11 e 12, comparando-se respectivamente as médias de cultivares (kg/ha) na presença dos três níveis de irrigação; também as médias de cultivares frente a três populações de plantas e finalmente as médias de irrigação na presença de três populações de plantas.

Conforme se observa pelas mesmas tabelas, constatou-se uma amplitude de 192 kg/ha entre níveis de irrigação, 107 kg/ha entre os três espaçamentos testados e 72 kg/ha entre os cultivares usados. Os três cultivares apresentaram portanto, pequenas diferenças médias de produção, enquanto que nos três níveis de população já se pode observar maior diferença, que veio a ser máxima nos três níveis de irrigação.

Os cultivares CE-315 e CE-370 (FIGURA 5) apresentaram comportamentos idênticos nos três níveis de irrigação, aumentando a produtividade em função de um menor estresse de água no solo. Já o cultivar Pitiúba, não apresentou um potencial genético para aumento de produtividade com a redução do estresse hídrico.

TABELA 9 - Produção de grãos em kg/ha da cultura do feijão-de-corda, por tratamento e repetição.

Tratamentos	Repetições		Totais Parciais	Tratamentos	Repetições		Totais Parciais	Tratamentos	Repetições		Totais Parciais
	1 ^a	2 ^a			1 ^a	2 ^a			1 ^a	2 ^a	
VIE											
000	1.078	963	2.041	001	1.410	816	2.226	002	597	880	1.477
012	494	1.083	1.577	010	700	839	1.539	011	505	832	1.337
021	1.217	1.025	2.242	022	908	981	1.889	020	1.095	622	1.717
101	752	903	1.655	102	1.058	711	1.769	100	572	748	1.320
110	632	911	1.543	111	820	1.156	1.976	112	848	1.150	1.998
122	891	987	1.879	120	1.080	1.182	2.262	121	1.175	1.144	2.319
202	903	1.025	1.928	200	845	587	1.432	201	523	580	1.104
211	814	970	1.784	212	870	1.062	1.932	210	576	628	1.204
220	762	998	1.760	221	984	1.106	2.090	222	983	1.201	2.184
Total	7.543	8.865	16.409		8.676	8.440	17.117		6.877	7.785	14.662
	$W_1 = 16.409$				$W_2 = 17.117$				$W_3 = 14.662$		

TABELA 10 - Médias de cultivares de feijão-de-corda frente aos diferentes níveis de irrigação (kg/ha).

Fator	V ₀	V ₁	V ₂	Médias
I ₀	957	790	744	830
I ₁	742	920	820	827
I ₂	975	1.077	1.006	1.019
Médias	891	929	857	892

TABELA 11 - Médias de cultivares de feijão-de-corda frente aos diferentes níveis de populações (kg/ha).

Fator	V ₀	V ₁	V ₂	Médias
E ₀	883	854	733	823
E ₁	967	992	830	930
E ₂	824	941	1.007	924
Médias	891	929	857	892

TABELA 12 - Médias de irrigação frente aos diferentes níveis de população (kg/ha).

Fator	I ₀	I ₁	I ₂	Médias
E ₀	799	714	957	823
E ₁	831	849	1.109	930
E ₂	862	918	992	924
Médias	831	827	1.019	892

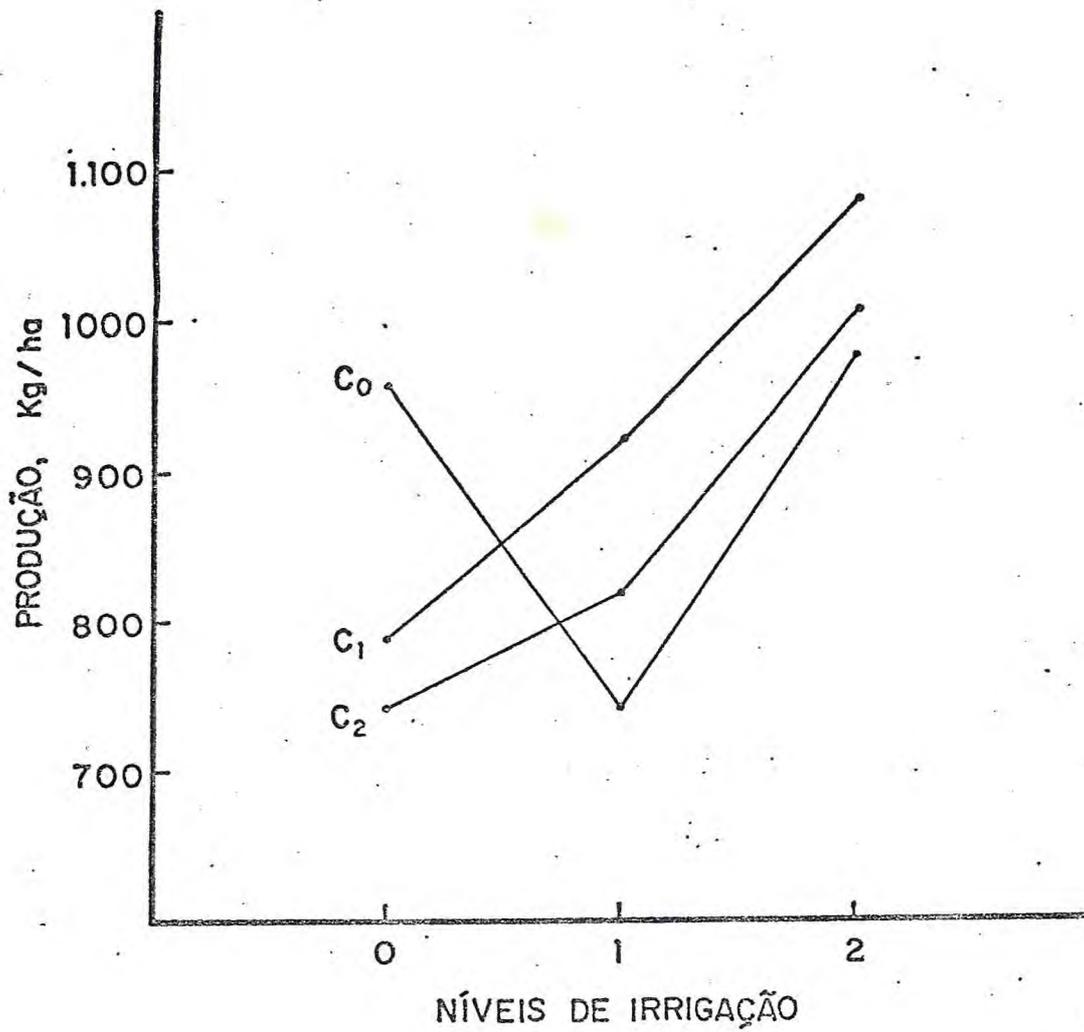


FIGURA 5 - Comportamento dos cultivares em função dos níveis de irrigação.

No que diz respeito à população de plantas (FIGURA 6), o cultivar CE-370, de porte ereto, mostrou-se visivelmente sensível, verificando-se um acréscimo na produção, à medida que as distâncias entre plantas diminuíam, corroborando portanto com os resultados encontrados por PAIVA & ALBUQUERQUE (1970). Com os cultivares Pitiúba e CE-315, de porte decumbente e semi-ereto respectivamente, a produção máxima foi atingida com a distância intermediária, vindo a mesma a declinar quando as plantas distavam 50 cm entre si, na mesma fileira.

Analisando-se a produção frente às variáveis irrigação e distâncias entre plantas (FIGURA 7), observa-se que nos níveis menos úmidos a produção cresceu com a redução das plantas, tal comportamento é justificado por YAO & SHAW (1964) e ALESSI (1975), quando afirmam que uma maior densidade de plantas intercepta boa parte da energia radiante, verificando-se uma menor evapotranspiração e em consequência uma maior retenção da água do solo.

Com o nível mais úmido, o pique de produção ocorreu com a distância intermediária.

Com base nos resultados da análise de variância (TABELA 13), dos fatores analisados, cultivar (Pitiúba, CE-315, CE-370), irrigação ($m = -0,3; -0,6$ e $-2,0$ atm) e espaçamento (50, 40 e 20 cm), somente a irrigação apresentou-se significativa. Tais resultados atestam uma vez mais a soberania do insumo água como fator de produção sobre os demais insumos.

Sabendo-se que a irrigação apresentou significância, procedeu-se à aplicação do Teste de Tukey (TABELA 14) dos diferentes níveis de irrigação.

De acordo com os resultados obtidos na tabela citada, pode-se constatar que apenas a média do tratamento I_2 , com a planta suportando um potencial matricial do solo de $-0,3$ atm, mostrou-se estatisticamente diferente das outras

TABELA 13 - Análise de variância da produção de grãos.

Causa da variação	G.L.	SQ	QM	F
Variedade (V)	2	47.992	23.996,00	0,70
Irrigação (I)	2	434.639	217.319,50	6,37**
População	2	129.656	64.828,00	1,90
Interação (VI)	4	230.926	57.731,50	1,69
Interação (VE)	4	223.635	55.908,75	1,63
Interação (IE)	4	86.771	21.692,75	0,63
Interação (VIE)	6	169.463	28.243,83	0,82
Tratamentos	(24)	(1.323.082)		
Blocos	5	323.793		
Resíduo	24	818.728	34.113,66	
Total	53	2.465.603		

TABELA 14 - Teste de Tukey para os níveis de irrigação.

$\Delta = 153,7$		I_2	I_0
		1.109	830
I_1	827	192 *	
I_0	830	189 *	

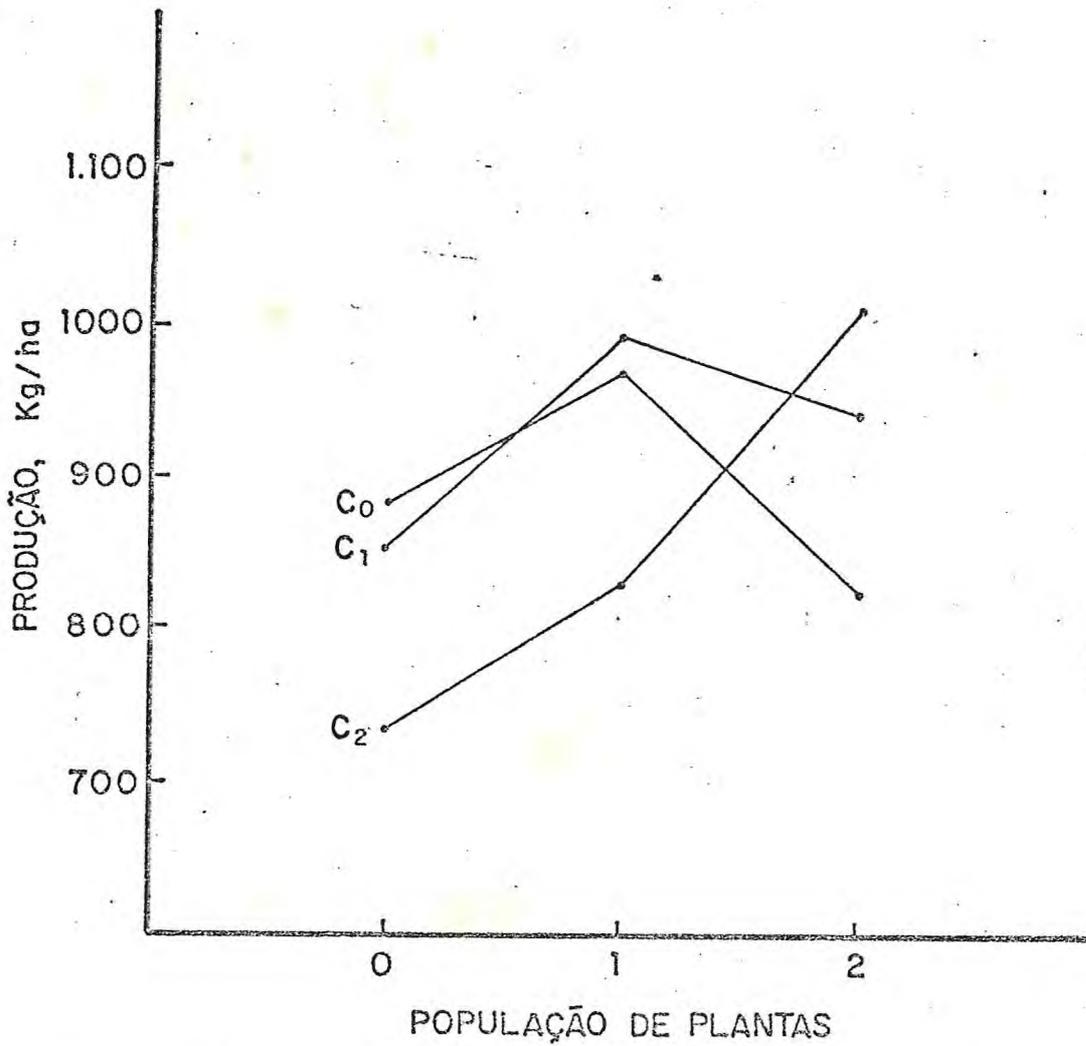


FIGURA 6 - Comportamento dos cultivares em função das populações de plantas.

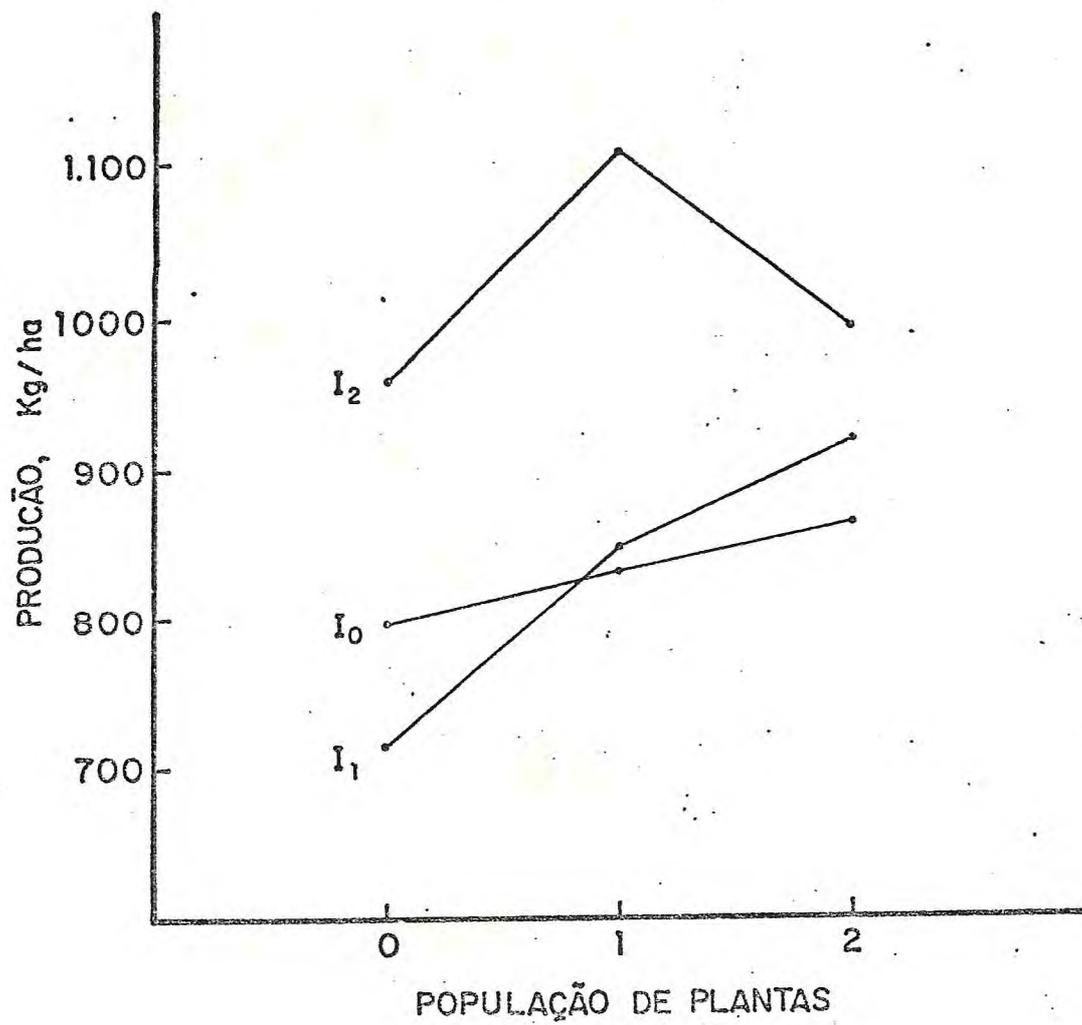


FIGURA 7 - Comportamento dos níveis de irrigação em função das populações de plantas.

outras duas médias, as quais não diferiram entre si.

I_0	I_1	I_2
830	827	1019
a	a	b

Este resultado está coerente com o trabalho realizado por SILVA et alii (1978), quando irrigaram a mesma cultura sempre que o potencial matricial atingia um valor mínimo de -0,5 bar. Por seu turno, BERNARDO et alii (1971), trabalhando com *Phaseolus vulgaris* L., observaram que a maior produção verificou-se no tratamento correspondente a 0,5 atm de tensão da água do solo. Entretanto, no trabalho de GARRIDO et alii (1978), verificaram que não haviam diferenças significativas para a produção do feijão quando o conteúdo de água foi mantido a 0,2; 0,4 e 0,6 atm.

Comparando-se as produções médias dos níveis de irrigação I_0 e I_1 , com a média da produção do estado do Ceará, que oscila em torno dos 300 kg/ha, pode-se deduzir que usando boa semente e aplicando fertilizante de modo conveniente, dois outros insumos básicos de produção, mesmo com a redução na quantidade de água a ser aplicada na cultura, ainda assim tem-se um sensível acréscimo na produção.

Os 385,2 mm de água aplicado em todo o ciclo da cultura estão em conformidade com SILVA & MILLAR (1981), que usaram uma dotação de 466 mm de água quando determinaram a evapotranspiração do feijão-de-corda sob regime de irrigação em diferentes doses de Nitrogênio. Também observou-se uma coerência com as lâminas usadas por SILVA et alii (1978), que foram 471, 466, 378, 285 e 235 mm. Todavia, a dotação encontrada no presente trabalho, foi bem inferior à encontrada por PINHEIRO (1977), que chegou a atingir 943 mm. A evapotranspiração média diária de 5,2 mm foi superestimada quando comparada com a encontrada por SILVA & MILLAR (1981), que ficou em torno dos 3,6 mm/dia e GARRIDO & TEIXEIRA (1978 b), que encontraram uma evapotranspiração de 4,17 mm/dia para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Is

to permite inferir que deverá ter ocorrido uma percolação profunda durante o período de estimação desta evapotranspiração.

OLIVEIRA (1978), obteve com um potencial da água do solo em torno de $-1,9$ atm, uma produção média de 2.117 kg/ha, bem maior que a média encontrada neste trabalho. MONTEIRO (1974), obteve por sua vez produção máxima com o potencial do solo mantido a $-0,8$ atm, em um turno de rega de 11 dias. Comparando-se os resultados aqui obtidos à luz dos trabalhos em referência verifica-se que, neste experimento a produção significativa ocorreu no nível mais úmido, ($\Psi = -0,3$ atm) e com irrigações mais frequentes. A produção em kg/ha mostrou-se inferior à encontrada por MONTEIRO. A razão de tais diferenças é difícil se precisar, no entanto um aspecto pareceu merecer atenção, a irrigação dos outros dois trabalhos foi feita por meio de sulcos, enquanto trabalhou-se nesta pesquisa com aspersão, com a velocidade e direção do vento portanto, impedindo uma boa uniformidade na distribuição d'água.

5 - CONCLUSÕES

- a) Os cultivares não apresentaram diferença significativa na produção de grãos, quando comparados entre si;
- b) Com distâncias de 50, 40 e 20 cm entre plantas e 80 cm entre fileiras, não se obteve diferenças estatisticamente significativas na produção de grãos dos cultivares em estudo;
- c) Dos três níveis de água pesquisados, o nível I_2 , com a planta submetida a um potencial mátrico do solo da ordem de $-0,3$ atm, mostrou diferença estatística significativa quando comparado com os níveis I_0 e I_1 , com potenciais mátricos do solo a $-2,0$ atm e $-0,6$ atm, respectivamente.
- d) A produtividade máxima alcançada foi de 1.019 kg/ha para o nível I_2 , onde se aplicou uma dotação de $385,2$ mm em todo o ciclo da cultura. O turno e a dose de rega para o mesmo nível foram de 8 dias e 53 mm, respectivamente, para uma evapotranspiração média diária de $5,2$ mm.

6 - LITERATURA CITADA

BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H. & CARVALHO, J.B. de. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro. In: Seminário Nacional de Irrigação, 2., Porto Alegre, 1970. Anais. Porto Alegre, 1971. p. 283.

Boletim agrometeorológico, Fortaleza, 12 (78):49-51, jan. / jun., 1978.

COELHO, M.A. Características de umidade de alguns solos de aluvião: normais, sódicos e sódico-salinos. Rio de Janeiro, 1971. 113 p. Tese (mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. J., 54:385-90, 1962.

ESPINOZA, W.; AZEVEDO, J. & ROCHA, L.A. Densidade de plantio e irrigação suplementar na resposta de três variedades de milho ao déficit hídrico na região dos cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 15(1):85-95, 1980.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Norte de Minas Gerais. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1978. p.28-30.

_____ & TEIXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Sul de Minas Gerais. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Projeto Feijão; Relatório 75/76. Belo Horizonte, 1978a.p.36-42.

- _____ & _____. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Sul de Minas Gerais. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Projeto Feijão; Relatório 76/77, Belo Horizonte, 1978. b. p.24-7.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba (S. Paulo), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1970. p.198.
- KIMATI, H. Doenças do feijoeiro - *Phaseolus vulgaris*, L. in: GALLI, F. et alii. Manual de Fitopatologia - Doenças das plantas cultivadas. 1980. v.2, p. 297-318.
- MAGALHÃES, A.A. de & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 13(2):55-60, 1978.
- MONTEIRO, D.C. Efeito de níveis de umidade no solo em cultivares de feijão (*Vigna sinensis* Endl.). Vianão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 61 p. Tese (mestrado).
- OLIVEIRA, P.N. de. Exigência d'água da cultura do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, com base em dados de evaporação. Fortaleza, 1978. 34 p. Tese (mestrado). Universidade Federal do Ceará.
- PAIVA, J.B.; ALBUQUERQUE, J.J.L. de & BEZERRA, F.F. Efeito de espaçamento e adubação em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. Cien. Agron. Fortaleza, 4(1/2) : 79-83, 1974.
- _____ & _____. Espaçamento em feijão-de-corda (*Vigna sinensis* Endl.) no Ceará. Turrialba, Costa Rica, 20(4): 413-4, 1970.

- _____ ; SANTOS, J.H.R. dos & TEÓFILO, E.M. Aspectos da cultura do caupi, *Vigna sinensis* (L.) Savi, no Norte e Nordeste do Brasil. Fortaleza-CE, 1977.
- PENMAN, H.L. Vegetation and hidrology. Tech comun. Commonw: Bur. Soils 53, 1963. 124 p.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, E.S.F.; REICHARDT, K. & LIBARDI P. L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados. Lins e Marília. Piracicaba, ESALQ/CENA, 1974. 13 p.
- PINHEIRO, D.M. Efeito da irrigação no feijão macassar - *Vigna sinensis* (L.) Savi. Fortaleza, DNOCS, 1977. 9 p. (Comunicado Técnico, 2)
- PURCINO, J.R. Irrigação do feijoeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG. 8(90):36-9, 1982.
- RAGGI, L.A.; BERNARDO, S. & GALVÃO, J.D. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo do feijoeiro. Seiva, 32(76): 34-43. 1972.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 3. ed. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP-CNEN e Fundação Cargill, 1975. 286 p.
- RESENDE, M.; HENDERSON, D.W. & FERERES, E. Frequência de irrigação, desenvolvimento e produção de feijão Kidney, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília 16(3):363-70, maio/jun., 1981.
- SAUNDERS, L.C.U.; BARBOSA, C.E. & PAIVA, F.L. de. Condutividade hidráulica de um aluvião fluvial sob condições de campo. Cienc. Agron., Fortaleza, 11(2):27-34. Dez., 1980.
- _____ ; CASTRO, P.T. de; BARBOSA, C.E. & MATIAS, J.F. Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L.) Savi), em aluvião eutrófico. Ciênc. Agron. Fortaleza. 12(1/2):141-8, 1981.

-; MOTA, F.O.B.; CASTRO, P.T. de & MATIAS Fº, J. Ca
racterização morfológica, física e química de um so
lo aluvial da Fazenda Experimental do Vale do Curu.
Cienc. Agron. 11(2):137-143. Dez., 1980. Fortaleza-CE.
- SILVA, E.L. Susceptibilidade do feijoeiro (*Phaseolus vulga*
ris L.) cv. Goiano precoce a inundações temporárias do
sistema radicular em diferentes fases do seu ciclo vege-
tativo. Piracicaba, ESALQ, 1982, 76 p. (Tese de Mestra-
- SILVA, M.A. da & MILLAR, A.M. Evapotranspiração do feijão-
de-corda. Petrolina, PE, Pesquisa em irrigação no Trópi-
co semi-árido: solo, água, planta. EMBRAPA/CPATSA. (4):
15-24, 1981.
- SILVA, M.A. da.; MILLAR, A.A.; BERNARDO, S. & CONDÉ, A.R.
Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada so-
bre a produção de feijão "macassar" utilizando o siste-
ma de irrigação por aspersão em linha. Item: Irrigação
e Tecnologia Moderna, 0:27, 1978.