



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS II — CAMPINA GRANDE

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE NITROGÊNIO E ÁGUA NA CULTURA  
DO MILHO IRRIGADO NO MUNICÍPIO DE SUMÉ - PB

por

HOSANA TAVARES DE MEDEIROS

CAMPINA GRANDE

Março de 1989

[REDACTED]

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE NITROGENIO E AGUA NA CULTURA  
DO MILHO IRRIGADO NO MUNICIPIO DE SUMÉ - PB.

[REDACTED]

HOSANA TAVARES DE MEDEIROS

[REDACTED]

[REDACTED]

CAMPINA GRANDE - PB  
MARÇO - 1989

[REDACTED]

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE NITROGENIO E AGUA NA CULTURA  
DO MILHO IRRIGADO NO MUNICIPIO DE SUME - PB.

HOSANA TAVARES DE MEDEIROS

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE NITROGENIO E AGUA NA CULTURA  
DO MILHO IRRIGADO NO MUNICIPIO DE SUMÉ - PB.

Dissertação apresentada ao Curso  
de MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL do  
Centro de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Mestre em  
Ciências (M.Sc.)

AREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HIDRICOS  
(ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO)

HANS RAJ GHEYI  
(Orientador)

JOSE ELIAS DA CUNHA METRI  
(Co-Orientador)

CAMPINA GRANDE - PB  
MARÇO - 1989

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DE NITROGENIO E AGUA NA CULTURA  
DO MILHO IRRIGADO NO MUNICIPIO DE SUMÉ - PB.

HOSANA TAVARES DE MEDEIROS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 10/03/89



-----  
HANS RAJ GHEYI (Doutor)  
Orientador



-----  
HUGO ORLANDO C. GUERRA (Ph.D)  
Examinador



-----  
JOSE ELIAS DA CUNHA METRI (Mestre)  
Examinador

CAMPINA GRANDE - PB  
MARÇO - 1989

DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG

À

Dária e David

France, Francine, Homem, India

Clara, Hermano e Esperança.

Dedico.

## A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Hans Raj Gheyi pelas orientações prestadas no transcorrer da execução e conclusão deste trabalho;

Ao Prof. e Coordenador José Elias da Cunha Metri pela constante amizade e colaboração durante a realização do curso e deste trabalho;

Ao Prof. Hugo Orlando Carvallo Guerra pelas sugestões, amizade e colaboração para o término desta dissertação;

Ao CNPq, BID e PROINE pelo apoio financeiro no decorrer desta pesquisa;

Aos Profs. José Luiz de Souza e Norma César de Azevedo pela cooperação no transcorrer da fase experimental;

A Eng<sup>a</sup> Agrônoma e colega de curso Zélia Bezerra Pinto pela amizade e grande colaboração para execução da fase experimental;

Ao Eng<sup>o</sup> Agrícola Roberto de Souza Pequeno pelos esclarecimentos na realização das análises estatísticas;

Ao Eng<sup>o</sup> Agrônomo Carlos Roberto de Lima Ramos e ao Eng<sup>o</sup> Químico Marcos Firmino Batista pela descrição do perfil do

solos e orientações nas análises físicas;

Ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, especialmente aos professores e funcionários do DEAg pela amizade ao longo desses anos;

A Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Civil e aos colegas de Curso, especialmente Gilma E. M. Torres e Francisco Lins pela amizade oferecida;

Ao DNOCS pelo alojamento oferecido, informações prestadas e pela permissão para realização do experimento no Perímetro Irrigado de Sumé, especialmente ao colono Sr. José do Carmo e por outro lado, ao Fernando que prestou incansáveis cooperações nos trabalhos de campo;

Ao Laboratório de Solos do CCA de Areia - PB da UFPB pelas análises físicas e químicas realizadas;

Ao amigo de sempre Ricardo Duriques pelo apoio e estímulo para conclusão deste trabalho;

A Dária e France pelo carinho e constante incentivo;

A EMBRAPA através da Biblioteca do CNP - Al e especialmente à funcionária Lusimar da Silva Santos pelo auxílio no fornecimento de material bibliográfico;

A Edilene M. da Silva pelo trabalho de datilografia e José Airon Barbosa da Silva pelo processamento de texto desta



dissertação;

Ao Demosthenes Cardoso Paveiro pela confecção dos  
desenhos;

Finalmente, a todos aqueles que de alguma forma  
procuraram contribuir para o êxito desta pesquisa, a autora  
desta dissertação agradece.

## R E S U M O

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito de tratamentos de água (baseados no consumo da água disponível) e níveis de nitrogênio sobre o comportamento do milho (*Zea mays*, L), cultivar Centralmex, irrigado pelo sistema de bacias.

O experimento foi desenvolvido num solo Aluvial Eutrófico de textura média do Perímetro Irrigado de Sumé - PB, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), durante o período de 29 de outubro de 1985 a 29 de janeiro de 1986.

Os parâmetros utilizados para avaliar os efeitos dos tratamentos foram a altura de planta, número total de espigas comerciais, índice de espigas por planta, percentagem de empalhamento, rendimento das espigas comerciais com e sem palha e qualidade das espigas comerciais. Tendo-se em vista, que praticamente não houve diferença entre as lâminas de água, analisou-se os parâmetros anteriores considerando-se as lâminas de água aplicadas como repetições.

Os resultados obtidos permitiram concluir que as alturas de plantas foram afetadas pelos níveis de nitrogênio apenas no 41º dia após o plantio. Com relação à produção e seus componentes, obteve-se significância para percentagem de

empalhamento e para o rendimento de espigas com e sem palha.

Através da análise de regressão observou-se efeito linear dos níveis de nitrogênio sobre a percentagem de empalhamento, enquanto sobre o rendimento das espigas com e sem palha, verificou-se efeitos quadráticos.

Na estimativa da evapotranspiração real da cultura através do Balanço Hídrico, realizou-se medições diárias do conteúdo de água no perfil do solo através de sonda de nêutrons. A partir da evapotranspiração real estimada, foram calculados os coeficientes de cultivo conforme DOORENBOS & KASSAM (1979), para cada estágio do ciclo fenológico do milho.

Com base nos resultados, recomenda-se a utilização de 80 kg/ha de nitrogênio para obtenção dos melhores rendimentos do cultivar em estudo, salientando-se contudo, a necessidade imprescindível de estudos mais detalhados a respeito da quantidade e turnos de rega a serem adotados para esta cultura sob as condições em que se desenvolveu o experimento.

## S U M M A R Y

The present experiment was carried out with the objective to study effects of different treatments of irrigation water (based on available water use), and levels of nitrogen on corn (*Zea mays* L.) cultivar Centralmex using basin irrigation system.

The experiment was conducted in a medium textural alluvial eutrophic soil of medium texture of Irrigated Perimeter of Sumé - PB a part of National Department of Works Against Droughts (DNOCS) during the period of Oct. 29, 1985 to Jan. 29, 1986.

For the evaluation of effects of treatments, the parameters like height of plants, total number of commercial corn, index of corn per plant, percentage of straw, yield of commercial corn with and without straw and quality of corn were studied. As practically no differences were observed among the treatments of irrigation water, the parameters were analysed considering treatments of irrigation water as replications.

The results obtained permit to conclude that heights of plants (41 days after sowing) were affected by levels of nitrogen. With respect to production and its components, the results of percentage of straw and yield of corn with and

without straw were found to be significant.

The regression analysis showed linear effects of nitrogen levels on percentage of straw, while for the corn yield with and without straw the effects were found to be quadratic.

For the estimation of real evapotranspiration of crop by water balance, daily determination of water content in soil profile were carried out by neutron probe. From the estimated real evapotranspiration value, crop coefficients for different phenological phases of corn were calculated according to DOORENBOS & KASSAM (1979).

On the basis of results, for the best yields of corn, 80 kgN/ha may be recommended, nevertheless, the indispensable need for a more detailed study in respect of total volume of water and frequency of irrigation to be used are pointed out.

## L I S T A   D E   Q U A D R O S

PAGINA

QUADRO 1	- Lâminas de água aplicadas por irrigação e turno de rega para os tratamentos de água inicialmente estabelecidos, durante o ciclo fenológico do milho.....	22
QUADRO 2	- Umidades médias observadas antes de cada irrigação em diferentes fases do ciclo fenológico, nas profundidades de 10 e 30 cm, segundo os tratamentos estabelecidos	37
QUADRO 3	- Números de espigas comerciais/ha para os tratamentos de nitrogênio estudados.....	43
QUADRO 4	- Índices de espigas por planta para os tratamentos de nitrogênio estudados.....	44
QUADRO 5	- Rendimentos de espigas comerciais com palha (t/ha) para os tratamentos de nitrogênio estudados.....	46
QUADRO 6	- Rendimentos de espigas comerciais sem palha (t/ha) para os tratamentos de	

	PAGINA
nitrogênio estudados.....	49
QUADRO 7 - Percentagens de empalhamento do milho para os tratamentos de nitrogênio estudados.....	52
QUADRO 8 - Notas de qualidade das espigas comerciais para os tratamentos de nitrogênio estudados.....	54
QUADRO 9 - Valores dos componentes do Balanço Hídrico durante o período de 12/11/85 a 28/01/86 para a cultura do milho, utilizando-se o tratamento N <sub>3</sub> .....	60

#### A N E X O S

QUADRO I - Descrição do perfil do solo da area experimental.....	79
QUADRO II - Características físicas e químicas do solo da area experimental.....	81
QUADRO III - Características da agua utilizada nas irrigações.....	83

QUADRO	IV - Valores de gradiente de potencial total, armazenamento e fluxos de água e da condutividade hidráulica não saturada em função das profundidades e períodos de drenagem estudados.....	84
QUADRO	V - Dados climáticos registrados durante o período experimental.....	85
QUADRO	VI - Resumo da Análise de Variância relativa aos parâmetros analisados de crescimento, desenvolvimento e produção do milho, sob diferentes níveis do nitrogênio e lâminas de irrigação, adotando-se o delineamento estatístico do tipo fatorial (4X3 com 2 repetições).....	86
QUADRO	VII - Análise de variância relativa a altura de planta do milho, durante seu ciclo fenológico, utilizando-se o delineamento do tipo blocos ao acaso.	89
QUADRO	VIII - Análise de Variância relativa ao número de espigas comerciais/ha ( $\sqrt{y}$ )	91



QUADRO IX	- Análise de Variância relativa ao índice de espigas por planta.....	92
QUADRO X	- Análise de Variância Conjunta relativa ao rendimento das espigas comerciais com palha.....	92
QUADRO XI	- Análise de Variância Conjunta relativa ao rendimento das espigas comerciais sem palha.....	93
QUADRO XII	- Análise de Variância Conjunta relativa a percentagem de empalhamento das espigas comerciais ( $\text{arc sen } \sqrt{y\% / 100}$ )	93
QUADRO XIII	- Valores dos Parâmetros envolvidos no cálculo dos fluxos ( $Q_L$ ) ocorridos durante o período considerado para o Balanço Hídrico.....	94

## L I S T A   D E   F I G U R A S

	PAGINA
FIGURA 1 - Croqui do perfil das parcelas de campo..	32
FIGURA 2 - Alturas médias de milho sob diferentes níveis de nitrogênio durante as diferentes fases do seu ciclo fenológico.(fases I, II, III e IV).....	40
FIGURA 3 - Rendimento médio de espigas com palha em função das doses de nitrogênio.....	48
FIGURA 4 - Rendimento médio das espigas sem palha em função das doses de nitrogênio.....	51
FIGURA 5 - Percentagem média de empalhamento em função das doses de nitrogênio.....	55
FIGURA 6 - Perfis de umidade em função da profundidade para os diferentes períodos de drenagem durante o teste da condutividade hidráulica $k(\theta)$ .....	57
FIGURA 7 - Coeficientes de cultivo do milho em função do ciclo fenológico da cultura...	64

## A N E X O S

	PAGINA
FIGURA 1 - Curva de calibração da Sonda de nêutrons.	96
FIGURA 2 - Curvas características de retenção de umidade para as profundidades estudadas.	97
FIGURA 3 - Condutividade hidráulica não saturada vs umidade volumétrica, para os intervalos de profundidades estudados.....	98

## I N D I C E

	PAGINA
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO.....	01
CAPITULO 2 - REVISAO BIBLIOGRAFICA	
1. Efeito da fertilização nitrogenada na cultura do milho.....	03
2. Efeito da irrigação na cultura do milho.....	07
3. Efeito da interação fertilização nitrogenada e irrigação na cultura do milho.....	10
4. Balanço de água no solo e coeficientes de cultivo.....	13
CAPITULO 3 - MATERIAIS E METODOS	
1. Localização do experimento.....	19
2. Clima.....	19
3. Solo.....	20
4. Delineamento experimental.....	20
5. Preparo do solo e montagem do experimento.....	22

	PAGINA
6. Adubação.....	23
7. Plantio.....	23
8. Manejo das irrigações.....	24
9. Tratos fitossanitários.....	24
10. Observações experimentais.....	25
10.1. Conteúdo de água do solo.....	25
10.1.1. Curva de calibração da sonda de neutrons....	25
10.1.2. Curvas características de umidade.....	26
10.2. Condutividade hidráulica do solo.....	26
10.3. Crescimento, desenvolvimento e produção do milho.....	27
10.3.1. Altura de planta.....	27
10.3.2. Número de plantas....	28
10.3.3. Número de espigas....	28
10.3.4. Peso das espigas com e sem palha.....	28
10.3.5. Qualidade das espigas	28
10.3.6. Índice de espigas....	29
11. Dados climáticos.....	29
12. Análises estatísticas.....	29

13. Balanço hídrico.....	30
--------------------------	----

## CAPITULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSOES

1. Efeito dos tratamentos de irrigação no crescimento, desenvolvimento e produção do milho.....	36
2. Efeito dos níveis de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento e produção do milho.....	38
2.1. Altura de planta.....	39
2.2. Produção e seus componentes...	42
2.2.1. Número total de espigas comerciais/ha.....	42
2.2.2. Índice de espigas por planta.....	44
2.2.3. Rendimento das espigas comerciais com palha..	45
2.2.4. Rendimento das espigas comerciais sem palha..	47
2.2.5. Percentagem de empalhamento.....	52
2.2.6. Qualidade das espigas comerciais.....	54
3. Balanço hídrico.....	56

	PAGINA
CAPITULO 5 - CONCLUSOES E RECOMENDACOES.....	65
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	67
ANEXO.....	78

## CAPITULO 1

### I N T R O D U Ç A O

O milho (*Zea mays*,L) é uma das culturas mais importantes do país. Constitui-se matéria prima básica para uma série enorme de produtos, criando e movimentando grandes complexos industriais. Na atividade agrícola, ou seja, na sua produção propriamente dita, centenas de milhares de pessoas encontram seu sustento. Este número vem sendo constantemente aumentado levando-se em conta as pessoas envolvidas no transporte, armazenamento e comercialização desse cereal. No Nordeste, o milho representa uma das principais fontes de energia na dieta alimentar de sua população.

O sistema de cultivo do milho, predominante no Nordeste, é o de sequeiro em consórcio com feijão e algodão. Nessas condições, a cultura do milho é considerada de grandes riscos por ser altamente vulnerável às estiagens, muito comuns na região e que determinam frequentes frustrações de safra, embora o ambiente semi-árido torne a cultura menos suscetível à pragas e doenças.

Com a introdução da irrigação, o milho passou a ser cultivado pelos colonos nas grandes bacias irrigadas do Nordeste. Entretanto, dada a não aplicação de uma tecnologia



de produção adequada, a cultura ainda não tem condições de competir com outras mais rentáveis e o seu cultivo é feito quase que exclusivamente para o consumo familiar.

Em 1973, foi introduzida no Nordeste a variedade Centralmex, que em ensaios de produtividade, demonstrou médias superiores ou equivalentes aos híbridos comerciais oriundos do Sul do País (SANTOS et alii, 1982) justificando, desta forma, sua multiplicação. No entanto, o milho ainda não se tornou uma importante cultura desta região, devido ao seu pequeno poder de competição e aos altos custos de produção.

Tendo-se em vista que os rendimentos médios no Brasil ainda são bastante baixos se comparados com outros países, torna-se evidente a necessidade da aplicação de uma tecnologia adequada visando utilização mais eficiente da água e dos fertilizantes, constituindo-se um grande subsídio econômico para os planejamentos agrícolas.

De acordo com SILVA et alii (1977), para se obter uma utilização mais eficiente da água e dos fertilizantes é necessário se estudar a interação entre esses fatores. DEVENDER REDDY et alii (1980) mostraram que em regiões semi-áridas sob condições de irrigação, a eficiência do uso da água na cultura do milho aumenta até uma aplicação de 180 kgN/ha.

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a interação entre diferentes doses de nitrogênio e tratamentos de água na cultura do milho (*Zea mays*, L cultivar Centralmex) no município de Sumé.

## CAPITULO 2

## R E V I S A O    B I B L I O G R A F I C A

## 1. Efeito da fertilização nitrogenada na cultura do milho

Entre os elementos essenciais, o nitrogênio é o mais consumido pelo milho, sendo exigido durante todo o ciclo da planta. Entretanto, considera-se que apenas cerca de 5% da quantidade total exigida durante seu ciclo completo de crescimento é absorvida nos primeiros dias (TISDALE, et alii 1952), sendo esta fase garantida até por volta dos seus 30 dias, pelas próprias reservas das sementes, que chegam a se translocar até aproximadamente 2/3 do seu total para as raízes e partes aéreas da planta (Buckner, citado por NELSON, 1956).

O nitrogênio pode ser absorvido pelo milho tanto na forma de  $\text{NO}_3^-$  como  $\text{NH}_4^+$ . Há autores que consideram os nitratos mais preferidos (Viets et alii, citados por MALAVOLTA et alii, 1974), enquanto outros (Wadleigh et alii e Naftel, citados por MALAVOLTA et alii, 1974) admitem que a idade parece influir na preferência de uma ou outra forma nitrogenada, sendo a amoniacal preferida pelas plantas jovens e os nitratos pelas plantas adultas. Quando o nitrogênio é

aplicado tardiamente, o nitrato é mais adequado. Por outro lado, GODDY JUNIOR & GRANER (1967) recomendam que o nitrogênio seja ministrado na forma orgânica. Esta forma, ao mesmo tempo que proporciona nitrogênio gradativamente, à medida que a planta o exige, conserva ou mesmo melhora as qualidades físicas e biológicas do solo. Por essa razão, sempre que possível, o esterco e semelhantes devem ser empregados na dose de 30 a 40 t/ha e aplicado em sulcos, com certa antecedência, principalmente no caso do esterco não estar bem curtido.

Segundo o IAPAR (1980), as respostas do milho à adubação nitrogenada estão intimamente relacionadas com as condições climáticas (ocorrência e distribuição de chuvas), uso e manejo do solo (disponibilidade de matéria orgânica), características inerentes às cultivares e as condições de manejo da cultura (população de plantas por unidade de área, época de semeadura, controle de ervas daninhas, etc.).

Numerosos autores em todo o mundo têm estudado o efeito de níveis de fertilização nitrogenada dos solos sobre a produtividade da cultura do milho. ARRUDA (1959) observou que uma adição de 80 kgN/ha proporcionou um aumento médio de 33% na produção do milho quando comparada com uma testemunha que só recebeu fósforo e potássio. GOMES & CAMPOS (1966) analisando resultados de ensaios realizados em Minas Gerais por diversos pesquisadores, verificaram resposta generalizada com a aplicação de nitrogênio. Assim, num grupo de ensaios

fatoriais realizados em Patos de Minas, região de solos ricos em fósforo, nos anos de 1960/61/62 o milho (consorciado com feijão), apresentou em termos médios um rendimento de 3060 kg de grãos/ha na ausência de nitrogênio e 4010 kg/ha com aplicação de 60 kg/ha deste nutriente. GALVAO et alii (1969) concluíram que para cada nível de N as produções de grão variaram com as populações de plantas, e que o milho respondeu favoravelmente à adubação nitrogenada até 80 kgN/ha, além do que a população de plantas apresentou relativamente menor efeito do que a adubação nitrogenada. Por outro lado, NOVAIS (1970) avaliando o comportamento de dois híbridos duplos comerciais de milho (AG 206 e H6999B) em três densidades e três níveis de nitrogênio, em Minas Gerais, encontrou diferenças quanto aos dois fatores estudados, indicando que estes devem ser estimados para cada cultivar. Foi observado efeito linear significativo com os níveis 80 e 160 kg de N/ha, especialmente para o AG 206. ALMEIDA et alii (1972) também estudando os efeitos da adubação nitrogenada na produção do milho em diferentes solos do Estado de Pernambuco, encontraram uma resposta altamente significativa na produtividade dessa cultura.

Em experimento conduzido com o milho em diferentes municípios do Estado do Rio de Janeiro, MACEDO et alii (1972) obtiveram em Barra Mansa um efeito linear altamente significativo para o nitrogênio, aplicado sob a forma de sulfato de amônia, embora o aumento da produção não tenha

sido proporcional ao das doses de N. Já para o município de Resende, apesar de se notar aumentos das produções com o incremento das doses de N, não foi encontrada significância para este fator.

SA JUNIOR et alii (1974) encontraram que os níveis ótimos de adubação para o milho variaram de 35 a 120 kgN/ha, 40 a 100 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 a 100 kg/ha de  $K_2O$ . CARVALHO et alii (1977), em trabalhos desenvolvidos em solos da Bahia, visando determinar melhores níveis de NPK, observaram respostas significativas apenas para nitrogênio e fósforo.

ZSCHEISCHLER (1977) analisando necessidades de nutriente do milho, em diferentes estágios de crescimento, constatou que para obtenção de rendimentos de 6-7 e 8-9 t/ha, foram necessárias aplicações de 120-160 e 160-180 kgN/ha, respectivamente.

Em estudo conduzido por CANCINO & MABBAYAD (1979), em solos argilosos, o milho em grão aumentou o rendimento de 2,28 t/ha, sem aplicação de nitrogênio, para 4,16 t/ha com 120 kgN/ha. Não houve diferenças significativas entre as produções obtidas com as taxas de 30 e 120 kgN/ha.

No primeiro ano de cultivo de um solo de várzea do Estado de São Paulo, rico em matéria orgânica, observou-se uma resposta pronunciada da aplicação de N para o milho, tendo a produção passado de 640 kg/ha de grãos, no tratamento sem N, para 3060 kg/ha com aplicação de 40 kg/ha de nitrogênio (EMBRAPA, 1984).

## 2. Efeito da irrigação na cultura do milho

O consumo de água pelos vegetais é variável e proporcional ao seu desenvolvimento, atingindo um máximo na fase de floração e frutificação (VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1955). Na floração as exigências hídricas devem-se ao alto índice de área foliar e a grande atividade fisiológica da planta. A falta de umidade, nesta fase, provoca a retração do estigma, impedindo a fecundação do óvulo. Na fase de formação dos grãos, o consumo aproxima-se ao da fase anterior e a falta de água reduz a massa de grãos (BELTRAME & OLIVEIRA, 1986).

Examinando os fatores que afetam a produção do milho na região do Texas, COLLIER & KROTH (1958) concluíram que a baixa produtividade está usualmente associada à falta de adequada ocorrência de chuvas antes, durante e depois da floração. Por sua vez, RUNGE (1968) afirma que as altas temperaturas e a chuva têm acentuado efeito na produção do milho, principalmente na fase de floração, 25 dias antes até 15 dias após, sendo que o efeito máximo desses fatores climáticos se faz sentir aproximadamente uma semana antes e depois do florescimento.

Segundo o IPA (1983), a necessidade da planta é pequena na fase de crescimento inicial, porém aumenta rapidamente na fase de maior crescimento (alongamento dos entrenós ou da diferenciação da panícula ao pendramento). Em torno do

florescimento a falta de água pode reduzir a produção de 30 a 50%. O período crítico situa-se entre 15 dias antes e depois do pendoamento. Segundo DAKER (1984) para um clima quente e seco, o consumo de água pelo milho raramente excede 2,5 mm/dia, enquanto a planta estiver com menos de 20 a 30 cm de altura. Ela aumenta gradualmente até atingir cerca de 6,5 a 7,5 mm/dia, durante o período que vai do espigamento à maturação.

Robins & Domingo (1953), citados por MILLAR (1973), em trabalhos efetuados em condições de campo, encontraram que déficits severos, por períodos de 1 a 2 dias durante a polinização, reduziram os rendimentos em 22%. Quando o período de déficit se estendeu a 8 dias, a redução no rendimento foi de 50%. Depois da maturação, a diminuição da água aproveitável não teve efeito sobre os rendimentos.

Alguns autores, citados por SHAW (1977) apresentam diferentes valores para consumo de água durante o ciclo fenológico completo do milho. Assim, Haise cita valores entre 420 e 540 mm, Doss et alii, 450 a 560 mm, Vasquez cita 470 mm, valores esses obtidos em North Dakota, Alabama e Porto Rico, respectivamente. SHAW (1977) acrescenta ainda, que normalmente os valores ficam entre 410 e 640 mm.

As necessidades relativas de água durante o ciclo fenológico do milho foram também estudadas por DAMBROTH & BRAMM (1979), obtendo os melhores resultados com irrigação a 50% da água disponível do solo, que corresponderam à

aplicações entre 25-30 mm de água em intervalos de 10 dias. Por outro lado, num experimento conduzido em Mocambinho, Minas Gerais, mostrou que as melhores produções de grãos (5000 kg/ha) foram obtidas quando a percentagem de umidade do solo não baixava além de 60% da água disponível. Para este tratamento aplicou-se uma lâmina de 625 mm e durante o ciclo ocorreram precipitações de 139 mm (MARINATO, 1980).

De acordo com recomendações de DOORENBOS & KASSAM (1979), para se obter os máximos rendimentos do milho, a fração de esgotamento da água é de cerca de 55% da água disponível do solo (quando  $ET_{máx}$  é igual a 5 ou 6 mm/dia). Segundo estes mesmos autores as máximas produções (7 a 9 e 6 a 8 t/ha em regiões semi-áridas com temperatura menor e maior que 20°C, respectivamente) são obtidas com 500 a 800 mm de água.

MARINATO (1980) informa que em trabalho conjunto realizado entre Universidade de Porto Rico e EPAMIG, no Projeto Jaiba, em Manga - MG, num Latossolo Vermelho escuro eutrófico conseguiu-se uma produtividade de 8,77 ton/ha com o milho irrigado por sulco. Informa ainda que em um experimento desenvolvido em solo aluvial arenoso, às margens do São Francisco, na região de Mocambinho foram obtidos rendimentos de 6,54 e 7,40 t/ha para as cultivares Maya XIII e Dentado Composto, respectivamente, tendo havido precipitações que somaram 439,5 mm e irrigações complementares de 161 mm.

Na região do submédio São Francisco, QUEIROZ et alii



(1977) exploraram diversas cultivares de milho irrigado por sulcos e, dentre as mesmas, a cultivar Centralmex produziu, em espiga, 4800 a 7800 kg/ha para os anos de 1974 e 1975, respectivamente. Por sua vez, Martins (1988)<sup>(1)</sup> informa que em Janaúba, no campo experimental do Gorotuba, obteve-se com o híbrido Cargill 742, irrigado por sulcos abertos, um rendimento em espiga que variou de 12 a 15 t/ha.

COUTO et alii (1983) estudando épocas de plantio do milho verde irrigado em várzeas, com as cultivares AG 162, SAVE 342 e XL 560, todas com ciclo de 141 dias e plantadas em maio, obtiveram respectivamente 51666, 42000 e 33666 espigas comerciais/ha.

### 3 - Efeito da interação fertilização nitrogenada e irrigação na cultura do milho.

Tendo-se em vista, que as plantas absorvem nutrientes através da solução do solo, deve existir portanto uma combinação ótima de adubação nitrogenada e irrigação acima ou abaixo da qual as mesmas diminuem a sua produção. Assim DELIBALTOV & ZACHARIEV (1976) verificando a eficiência de irrigação e da fertilização com as culturas de trigo, milho e beterraba açucareira, observaram a existência de uma

---

<sup>(1)</sup> Comunicação pessoal

correlação positiva entre a irrigação e os níveis de fertilizantes com produtividade dessas culturas.

BLACK (1975) informa que é teoricamente possível aumentar a eficiência do uso de água na produção de grãos em solos fertilizados com nitrogênio; se este não for fornecido no princípio da estação de crescimento, mas depois. Desta forma, se reduziria o crescimento vegetativo e se economizaria água disponível para produção de grãos.

Em estudos realizados por BIELORAI et alii (1976), o efeito da irrigação foi mais marcante quando a adubação com nitrogênio foi aumentada para um máximo de 420 kg/ha; 200 mm de água em 2 irrigações até 35 - 60 dias após o plantio forneceu ótimos rendimentos do milho para forragem. De acordo com SILVA et alii (1977), para se obter uma utilização mais eficiente de água e de fertilizante é necessário se estudar a interação entre esses fatores. Assim, com o objetivo de estudar a interação irrigação X nitrogênio, estes mesmos autores conduziram no Campo Experimental de Mandacaru, num Vertisol, um experimento utilizando quatro tratamentos de água (irrigar quando 25, 50, 75 e 100% da umidade disponível no solo fosse consumida) e quatro níveis de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg/ha) aplicados na forma de uréia. Os resultados da análise estatística indicaram que houve diferença significativa, ao nível de 5% para o fator água. O nitrogênio e a interação água X nitrogênio apresentaram significância ao nível de 1%. O nível ótimo da interação dos

fatores água X nitrogênio ocorreu para os valores de 300 kgN/ha e utilização de 50% da umidade disponível no solo, obtendo-se rendimentos de 3,15 t/ha.

DEVENDER REDDY et alii (1980) analisando o uso consuntivo para os diversos estágios de desenvolvimento do milho e a eficiência do uso de água num solo franco arenoso durante a estação seca, constataram que a diferença no uso consuntivo foi pequena entre diferentes níveis de N e maior entre os regimes de umidade e que a eficiência do uso de água aumentou com incremento do nível de N até 180 kg/ha. Observaram também que o regime de umidade mais eficiente no uso de água foi o tratamento em que irrigava-se quando 20% da água disponível no solo havia sido esgotado.

VASIC & VIDENOVIC (1980) obtiveram para diferentes variedades (todas com maturação entre 140 e 150 dias), instaladas num campo experimental na localidade de Zemun Polje, Iugoslávia, aumentos de rendimento de 20,76 e 10,57% com aplicação de NPK e Irrigação, respectivamente, e 32,01% com utilização de NPK + Irrigação.

Os resultados de três anos de estudo de campo na Estação Experimental de San Andrés, El Salvador, mostraram que os rendimentos de grãos, que variaram até 4000 kg/ha, geralmente aumentaram com a elevação dos níveis de água e taxas de nitrogênio (até 200 kgN/ha), com forte interação entre estas duas variáveis. Os rendimentos foram independentes do método de irrigação (sulco, gotejamento)

embora menos água fosse aplicada através do sistema de gotejamento (STUTLER et alii, 1981).

Estudos realizados por ECK (1984), através de uma série de ensaios, com as variedades Pioneer 33694A e Pioneer 3184 adubadas com doses de nitrogênio que variaram de 0 a 350 kg/ha e submetido à irrigação ou a déficits hídricos em períodos diversos, demonstraram que 140 e 210 kgN/ha foram suficientes para fornecer altos rendimentos, utilizando os métodos de sulcos e bacias, respectivamente. Observou ainda, que duas e quatro semanas de déficit de água sobre a planta durante o período vegetativo reduziram o rendimento do milho, fertilizado com 210 kgN/ha, em 23 e 46%, respectivamente. Na fase de formação dos grãos, os rendimentos foram reduzidos em 1,2% para cada dia de déficit. Por fim, informa que ocorreu interação significativa nitrogênio X lâmina de água no rendimento de grãos, sob déficit, e notadamente com irrigação.

#### 4 - Balanço de água no solo e coeficientes de cultivo

A utilização do balanço hidrológico através da equação do balanço de massa (lei da conservação de energia) vem se apresentando como a melhor maneira no cálculo da evapotranspiração real como mostram os trabalhos de ROSE & STERN (1967); REICHARDT et alii (1979); CASTRO & REICHARDT (1980); MAGALHAES & CASTRO (1983); ARAGAO JUNIOR & CASTRO

(1983) e SAUNDERS et alii (1985).

O balanço hídrico é a quantidade detalhada de todas as mudanças hídricas, entrada e saída de água, ocorridas numa camada de solo, durante um espaço de tempo definido. Segundo DE BOODT et alii (1967), sua importância fundamenta-se em permitir um melhor conhecimento das necessidades de água das culturas sob determinadas condições de clima e solo, RICHARDSON & RITCHIE (1973) afirmam que o balanço de água de um solo está constituído por inúmeros processos complexos tais como infiltração, transpiração das plantas, evaporação do solo e drenagem.

Dependendo da precisão com que se obtenha os parâmetros do balanço, pode-se ter uma boa estimativa do comportamento da água no solo. A drenagem abaixo de zona radicular e a variação do conteúdo de água no perfil do solo podem ser positivas ou negativas. A drenagem positiva, no caso do fluxo ascendente é uma situação comum na presença de um lençol de água pouco profundo (BAVER et alii, 1972). O movimento de água para cima, a partir do lençol freático pode ser apreciável, embora lento se comparado com as taxas de fluxo de massa normalmente descendentes. Num solo barro arenoso, tem sido encontrado aproximadamente 10,0 mm de água movendo-se por dia a partir de um lençol freático a 1,0 m de profundidade. Quando o lençol foi rebaixado para 3,0 m, a taxa de movimento ascendente caiu para 1,0 mm por dia (WINTER, 1976). Conforme BAVER et alii (1972), a variação do

conteúdo de água do solo é negativa quando se verificar perda de água e/ou evapotranspiração, sem nenhuma aplicação de água ou chuvas. Todos os outros parâmetros envolvidos na equação do balanço são positivos.

Segundo HILLEL (1972) é importante considerar o período ou intervalo de tempo para o qual o balanço hídrico é feito. Períodos curtos poderão ser impraticáveis, embora sejam mais exatos. Períodos longos poderão mascarar a ocorrência de estágios críticos da cultura. Para cada estágio crítico, como floração e formação de frutos, um desequilíbrio, mesmo constante, no sistema solo-água, poderá provocar um efeito prolongado na planta. GRASSI (1968) recomenda um balanço hídrico com intervalos de uma semana, permitindo individualizar períodos de seca de uma, duas ou três semanas, que em certas ocasiões afetam sensivelmente o rendimento dos cultivos, especialmente quando se trata de cultivos anuais com raízes superficiais.

CASTRO & REICHARDT (1980) observaram que uma elevada drenagem profunda ocorria quando a quantidade de água no perfil do solo apresentava valores superiores à capacidade de armazenamento, devido ao não aproveitamento rápido da água pela planta e ao potencial gravitacional. Ainda informam que a evapotranspiração real média do milho, variedade Cargill 111-X cultivado num solo argiloso, foi de 4,72 mm/dia, com o lençol freático a 7-8 m de profundidade. MATZENAUER et alii (1981) em experimento desenvolvido na região da Depressão

Central do Rio Grande do Sul, com evapotranspirômetros de drenagem, encontraram que os maiores valores de consumo de água da cultura do milho irrigado, ocorreram nos períodos de 30 dias após a emergência ao pendoamento ( $ET_m = 5,4$  mm/dia); do pendoamento ao espigamento ( $ET_m = 7$  mm/dia) e do espigamento à maturação leitosa ( $ET_m = 6,5$  mm/dia), sendo que o período de menor consumo foi o da sementeira à emergência com  $2,1$  mm/dia. Neste trabalho os autores determinaram um consumo de  $573$  mm durante todo o ciclo da cultura ou seja  $4,6$  mm/dia. Por outro lado, em experimento desenvolvido por SAUNDERS et alii (1985), em Quixeramobim - CE, com a cultivar Centralmex, os valores de evapotranspiração atual, obtidos através do balanço hídrico, foram inicialmente  $5,60$  mm/dia e  $7,03$  mm/dia na colheita, sendo observado o valor máximo de  $8,30$  mm/dia para os períodos de floração e frutificação. A evapotranspiração do ciclo total de cultivo apresentou um valor médio de  $6,38$  mm/dia.

O conhecimento das exigências hídricas do cultivo pode ser obtida através de vários métodos que permitem a determinação da evapotranspiração real da cultura, ou segundo MAGALHAES & CASTRO (1983), da sua estimativa a partir da evapotranspiração potencial, por meio de coeficientes apropriados conhecidos como coeficientes de cultura ( $k_c$ ). GRASSI (1968) informa que o coeficiente  $k_c$  de cultivo depende das características anátomo-morfológicas e fisiológicas da espécie e expressa a variação da sua capacidade para extrair

água do solo, durante o ciclo vegetativo. O tamanho da planta, expresso pelo seu volume foliar ou radicular regem este sub-coeficiente. OMETO (1981) afirma que sob condições climáticas onde ocorrem valores máximos de evapotranspiração potencial em torno de 5 a 6 mm/dia, no teor de umidade correspondente a uma tensão de água no solo entre 0,06 e 1,0 atmosfera (que é variável para cada tipo de solo), o valor do coeficiente de cultivo é muito pouco dependente do tipo de solo e do seu teor de umidade, variando apenas em função das características da planta.

Doss et alii (1952), citados por MANTEL & BIELORAI (1973), encontraram, no Alabama, que a razão entre a evapotranspiração do milho e a evaporação do tanque Classe A variaram de 0,38 na emergência até 1,12 durante o estágio inicial de formação dos grãos, declinando depois para 0,95 na época de maturação. OLIVEIRA (1986) em estudo realizado no Perímetro Irrigado de Sumé - PB, obteve coeficientes de cultura para os estágios inicial, médio e final que corresponderam respectivamente a 0,72; 0,99 e 0,97 com evapotranspiração potencial referente aos meses de fevereiro, março e abril, nos quais o milho apresentou respectivamente 95,5; 117,8 e 110,6 mm de demanda de água.

Como resultado de inúmeras pesquisas em diferentes partes do mundo, DDORENBOS & KASSAM (1979) recomenda a adoção dos seguintes valores médios de kc para os vários estágios de desenvolvimento do milho: a) do plantio até o início de



emergência das plantas = 0,35; b) da emergência das plantas até 80% do desenvolvimento total = 0,80; c) de 80% do desenvolvimento total até o início do amadurecimento = 1,13 e d) da maturação até a colheita = 1,08.

## CAPITULO 3

### M A T E R I A I S E M E T O D O S

#### 1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido durante o período de 29 de outubro de 1985 a 29 de janeiro de 1986, no Lote 33 do Perímetro Irrigado de Sumé, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), no Município de Sumé - PB, localizado na zona fisiográfica dos "Cariris Velhos", à 7°39' de latitude Sul, 36°56' de longitude à Oeste Greenwich e a uma altitude de 510 m.

#### 2. Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima do Município de Sumé - PB é definido como Bsh, semi-árido, quente e seco, com precipitação média anual de 500 mm, sendo o período de março a junho o mais chuvoso. A temperatura média anual é de 24°C, variando entre 22°C e 27°C (FIPLAN, 1978). A evapotranspiração potencial anual atinge 1714 mm e a umidade relativa média anual para a região é em torno de 68% (HARGREAVES, 1974).

### 3. Solo

O Solo da área experimental foi classificado como ALUVIAL EUTRÓFICO A moderado, textura média, imperfeitamente drenado, ausente de pedregosidade e rochoso, relevo local plano, formação geológica quaternária, erosão acumulada sedimentar, com vegetação primária de caatinga hiperxerófila arbórea arbustiva.

Nos Quadros I e II do Anexo apresentam-se respectivamente, a descrição do perfil do solo da área experimental, bem como as características físicas e químicas do solo, por horizonte, utilizando-se as metodologias propostas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS, 1979).

### 4. Delineamento experimental

O delineamento estatístico adotado inicialmente foi um fatorial 3X4 com 2 repetições. Os fatores consistiram na combinação de três tratamentos de água ou irrigação e 4 níveis de nitrogênio discriminados da seguinte maneira:

Tratamentos de água:

Foram estabelecidos três tratamentos de água ou irrigação ( $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ ). Estes consistiram em três diferentes regimes de irrigação.

As lâminas de irrigação foram calculadas baseando-se nas características físico-hídricas dos solos e planejando-se irrigar quando o solo tivesse esgotado 30, 50 e 70% da água disponível do solo.

O uso consuntivo da planta foi estimado a partir da metodologia de HARGREAVES (1974) e as frequências de irrigação calculadas de acordo com os procedimentos rotineiros de elaboração de projetos.

Assim, foram considerados como tratamentos de água:

- I<sub>1</sub> - irrigar quando fosse consumido 30% da água disponível
- I<sub>2</sub> - irrigar quando fosse consumido 50% da água disponível
- I<sub>3</sub> - irrigar quando fosse consumido 70% da água disponível

O quadro 01 apresenta as lâminas aplicadas e os respectivos turnos de rega em cada irrigação, durante todo o ciclo da cultura, para os três tratamentos de água indicados.

Tratamentos de nitrogênio:

Estudou-se quatro níveis de nitrogênio conforme discriminação a seguir:

N<sub>1</sub> = 40 kg/ha

N<sub>2</sub> = 80 kg/ha

N<sub>3</sub> = 120 kg/ha

N<sub>4</sub> = 160 kg/ha

O nitrogênio foi aplicado na forma de ureia.

## 5. Preparo do solo e montagem do experimento

A área experimental foi arada e gradeada em sentidos cruzados.

As parcelas, em número de vinte e quatro foram bacias de irrigação de tamanho 3X7 m, com 7 fileiras distanciadas de 1,0 m. Para fins de coleta de dados foram considerados apenas as 5 linhas centrais, deixando 0,5 m de ambos os lados.

QUADRO 1 - Lâminas de água aplicadas por irrigação e turno de rega para os tratamentos de água inicialmente estabelecidos, durante o ciclo fenológico do milho.

FASES DO CICLO FENO- LOGICO DO MILHO	Lamina de agua(mm)			Turno de rega(dias)		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
estabelecimento	48,0	48,0	48,0	3	3	3
vegetativo	24,0	40,0	56,0	4	6	10
floração	46,0	76,0	106,0	7	12	18
formação da colheita	51,0	85,0	120,0	10	18	28

Para determinação dos teores de umidade foram instalados no centro de 8 parcelas (escolhidas ao acaso e que receberam níveis de nitrogênio N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>) um tubo de acesso para medições de umidade através da sonda de neutrons, enterrado até 150 cm de profundidade, ficando 20 cm acima da superfície do solo.

Para evitar que houvesse influência de umidade entre as

parcelas, possibilitando alterações nas observações realizadas, as mesmas foram distanciadas de 2,0 m entre si.

## 6. Adubação

A adubação básica foi constituída de estrume de curral (uma carroça manual por parcela, aproximadamente 16 kg). O nitrogênio (N), fornecido na forma de uréia, foi fracionado em duas aplicações, sendo 1/3 aplicado na época do plantio, juntamente com todo o fósforo (40 kg  $P_2O_5$ /ha), na forma de superfosfato triplo, e potássio (40kg  $K_2O$ /ha), na forma de cloreto de potássio. O restante do N (2/3) foi aplicado em cobertura 40 dias após o plantio, segundo recomendações da EMATER e técnicos do DNOCS - PB. Para se evitar perdas por volatilização, as parcelas foram irrigadas logo após aplicação da uréia.

As dosagens de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  foram estimadas com base na análise do solo.

## 7. Plantio

O plantio do milho (*Zea mays*, L), cultivar Centralmex, foi realizado manualmente no dia 29 de outubro de 1985, em linhas espaçadas de 1,0 m, numa densidade de 10 plantas por fileira, colocando-se três sementes por cova. Após 20 dias fez-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova.

## 8. Manejo das irrigações

As irrigações foram efetuadas bombeando-se água do canal parcelar para caixas d'água ETERNIT, com capacidade para 1000 litros, instaladas no centro da área experimental e, através de um sistema fixo de tubos de PVC rígido de duas polegadas de diâmetro, onde se adaptou registros e mangueiras de mesmo diâmetro para controle e distribuição uniforme de água aos sulcos parcelares.

Para facilitar a germinação das sementes, na fase inicial (até 24 de novembro) as irrigações foram realizadas uniformemente, com turno de rega de 3 dias e numa dose de 48,0 mm por parcela. Após 24 de novembro os tratamentos de irrigação foram estabelecidos conforme discriminados anteriormente no delineamento experimental. As lâminas a serem aplicadas em cada irrigação foram estimadas a partir das características físico hídricas do solo, das condições climáticas do ambiente e das fases do ciclo fenológico da cultura (estabelecidas segundo HANWAY, 1963).

As características da água utilizada nas irrigações são mostradas no Quadro III do Anexo.

## 9. Tratos fitossanitários

Foram realizados trabalhos de limpeza e quatro capinas durante o período.

No combate à lagarta do cartucho (*Spodotera frugiperda*) fez-se duas pulverizações com bico de leque de Diptirex 50-E, numa concentração de 150 ml para 100 litros de água por hectare.

## 10. Observações experimentais

### 10.1. Conteúdo de água do solo

#### 10.1.1. Curva de calibração da sonda de neutrons

A obtenção dos conteúdos de umidade de cada parcela foi feita através de uma sonda de neutrons (modelo Solo 20), marca NARDEUX - Departament Humidimetrie des Sols, de fabricação francesa.

As curvas de calibração para as profundidades de solo estudadas (Figura 1 do Anexo) foram obtidas através de regressão entre as umidades volumétricas ( $\theta$ ) e as leituras correspondentes e corrigidas ( $Lp'$ ) da sonda.

$$Lp' = \frac{\overline{Lp} \times 1000}{\overline{Lw}}$$

onde:  $Lp'$  = leitura corrigida da sonda de neutrons  
 $\overline{Lp}$  = média de três leituras consecutivas da sonda para cada profundidade do solo.  
 $\overline{Lw}$  = contagem média de três leituras consecutivas de neutrons no depósito de água.



As leituras corrigidas obtidas com a sonda de neutrons são necessárias, por levar em conta as condições particulares deste instrumento, no momento da realização da série de medidas. Essas condições particulares se exprimem pelo fato, de que de uma série para outra, as leituras na água e no estojo apresentam variações devidas à temperatura, carga da bateria, etc.

Os conteúdos de umidade volumétrica ( $\theta$ ) "in situ" foram determinadas pelo método gravimétrico.

$$\theta = U_g \times d_g$$

onde:  $\theta$  - umidade volumétrica do solo para as profundidades estudadas ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )  
 $U_g$  - umidade do solo (base peso seco) obtida pelo método gravimétrico ( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )  
 $d_g$  - densidade global para cada profundidade de solo estudada

#### 10.1.2. Curvas características de umidade

A figura 2 do Anexo apresenta as curvas características para os três intervalos de profundidade estudados (10 - 30; 30 - 60 e 60 - 90 cm). Estas curvas foram usadas para obtenção dos potenciais mátricos ( $\psi_m$ ), a partir dos conteúdos de água obtidos pela sonda de neutrons.

#### 10.2. Condutividade hidráulica do solo

Para determinação da condutividade hidráulica ( $K\theta$ ), montou-se uma parcela com dimensões de 5X5 m, plana e sem

vegetação, sendo instalados no centro três tubos de acesso para medições de umidade do solo com a sonda de neutrons. Seguiu-se a metodologia do "perfil instantâneo", descrita por HILLEL (1972).

A condutividade hidráulica foi calculada utilizando-se a expressão:

$$K(\theta) = \frac{q}{Z \left( \frac{\Delta\psi}{\Delta Z} \right)}$$

onde:  $K(\theta)$  = condutividade hidráulica em função do conteúdo de água do solo para as camadas de 10 - 30, 30 - 60 e 60 - 90 cm (mm/dia)  
 $Z$  = profundidades do perfil de solo estudadas (cm)  
 $q$  = densidade de fluxo (mm/dia)  
 $\frac{\Delta\psi}{\Delta Z}$  = gradiente de potencial total (cm . cm<sup>-1</sup>)

O Quadro IV e a figura 3 do anexo apresentam respectivamente os valores e as curvas de condutividade hidráulica para as profundidades de solo estudadas.

### 10.3. Crescimento, desenvolvimento e produção do milho

#### 10.3.1. Altura de planta

As observações correspondentes à altura das plantas foram feitas semanalmente em 5 plantas selecionadas ao acaso em cada parcela.

A altura de planta foi considerada como sendo a medida compreendida entre o nível do solo e a base da última folha aberta.

### 10.3.2. Número de plantas

Aos 92 dias após o plantio determinou-se o número de plantas por parcela, na área útil.

### 10.3.3. Número de espigas

Aos 92 dias após o plantio foi determinado o número total de espigas por parcela, quando estas se encontravam ainda no estado verde.

### 10.3.4. Peso das espigas com e sem palha

Selecionadas três espigas ao acaso, na área útil de cada parcela, estas foram colhidas e pesadas com e sem palhas aos 92 dias após o plantio.

### 10.3.5. Qualidade das espigas

As mesmas espigas escolhidas para pesagem com e sem palha, foram avaliadas nas seguintes categorias, discriminadas segundo o critério de MONTEIRO (1984):

categorias	% granação	nota atribuída
excelente	75 - 100	3
boa	50 - 75	2
regular	50	1
pessima	abaixo de 50	0

#### 10.3.6. Índice de espigas

Foi obtido dividindo-se o número de espigas pelo número total de plantas de cada parcela.

#### 11. Dados climáticos

Os dados referentes às observações dos parâmetros climáticos, tais como precipitação, temperatura média do ar, evaporação do Tanque "Classe A" e umidade relativa do ar, obtidas na Estação Meteorológica de Sumé, durante o período de 01 de novembro de 1985 a 29 de janeiro de 1986 são apresentados no Quadro V do anexo.

#### 12. Análises estatísticas

Realizou-se a análise de variância dos dados relativos à altura de planta, número de espigas comerciais, índice de espigas por planta, rendimento das espigas com e sem palha, percentagem de empalhamento e qualidade das espigas comerciais, para o delineamento fatorial 3X4 com 2 repetições e para comparação das médias dos parâmetros estudados utilizou-se o teste de Tukey segundo a metodologia descrita por GOMES (1978). Antes de se proceder as análises estatísticas do número de espigas por hectare e percentagem de empalhamento, os dados foram transformados em  $\sqrt{y}$  e

arc sen  $\sqrt{y\%/100}$ , respectivamente.

Foram também efetuadas as análises de regressão linear e polinomial, sendo o grau de ajustamento dos modelos aos dados, avaliados pelos coeficientes de determinação  $R^2$  e pela significância dos coeficientes de correlação verificados pelo teste "t".

### 13. Balanço hídrico

Com o objetivo de estimar a evapotranspiração atual do milho, estimou-se um balanço hídrico a partir da expressão hidrológica definida pela lei de conservação de massa onde a soma algébrica dos fluxos durante um intervalo de tempo é igual à variação da quantidade de água armazenada em um volume hipotético, no mesmo intervalo de tempo considerado.\* O balanço é portanto apresentado mediante a equação:

$$ETA = P + I - Es - Q_L + \Delta ARM$$

onde:  $ETA$  = evapotranspiração atual ou real da cultura (mm)  
 $P$  = precipitação observada em pluviômetro (mm)  
 $I$  = irrigação realizada no período (mm)  
 $Es$  = escoamento superficial (mm)  
 $Q_L$  = percolação profunda ou ascensão capilar (mm)  
 $\Delta ARM$  = variação do armazenamento (mm)

---

\* Considerou-se a variação do conteúdo de água na planta como insignificante.

Determinações do teor de umidade foram feitas às profundidades de 10 e 30 cm, da superfície do solo, durante a fase I e II do ciclo fenológico da cultura. No início da fase III (até o dia 23 de dezembro) as umidades foram observadas a 10, 30 e 60 cm de profundidade e, por fim, a partir do dia 23 de dezembro ou seja durante as fases III e IV, as observações abrangeram a totalidade do perfil estudado (10,30,60 e 90 cm, da superfície do solo) levando-se em conta o crescimento das raízes da cultura. Um croqui do perfil dessas parcelas agrícolas é apresentado na figura 1.

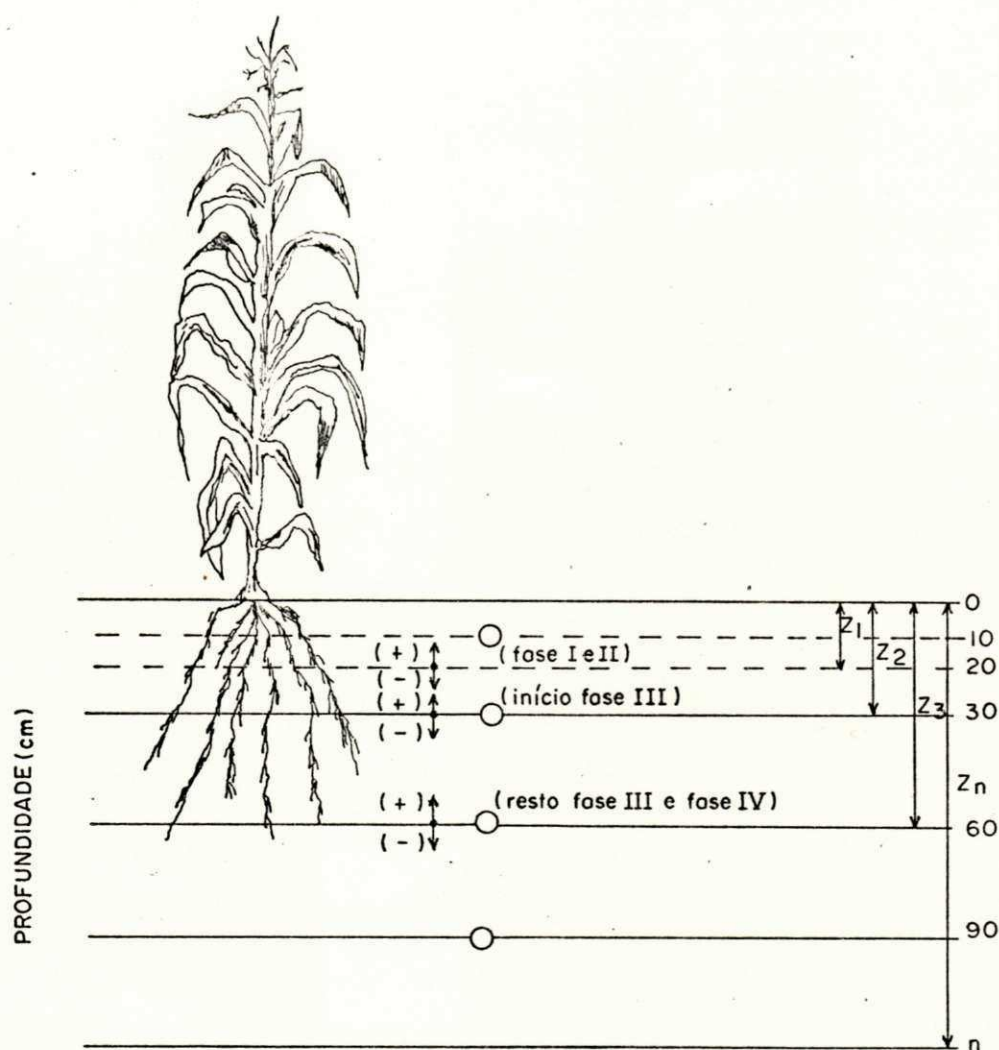
Considerando o balanço hídrico estudado, o armazenamento da água no solo, durante as diversas fases do ciclo fenológico do milho, foi calculado de acordo com a equação geral:

$$ARM = \int_{i-1}^i (\bar{\theta}_1 + \bar{\theta}_2 + \dots + \bar{\theta}_n) dZ, \quad (1 \leq i \leq n)$$

onde:  $\bar{\theta}_n$  = umidade média do perfil do solo considerado  
( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )  
Z = profundidade do perfil do solo, considerada de acordo com o crescimento radicular da cultura durante as diversas fases do seu ciclo fenológico (mm).

A variação do armazenamento de água no solo durante os períodos de tempo considerados, foi obtida a partir da expressão:

$$ARM = ARM_t - ARM_{t-1}$$



Legenda:

- Leitura da sonda de neutrons
- (+) Fluxo ascendente
- (-) Fluxo descendente

FIG. I - Croqui do perfil das parcelas de campo.

onde:  $ARM_t$  e  $ARM_{t-1}$  = armazenamentos de água no perfil do solo, nos instantes  $t$  e  $t-1$ , respectivamente, em mm.

A percolação profunda ou ascensão capilar no limite inferior das raízes, durante os períodos analisados, foram calculados a partir da equação de Darcy (1856), citada por HILLEL (1971):

$$Q_L = -K(\theta)_z \frac{\Delta\psi}{\Delta Z}$$

onde:  $-\frac{\Delta\psi}{\Delta Z}$  = gradiente de potencial total de água do solo, obtido a partir da curva característica, considerando a seguinte aproximação de diferenças finitas:

$$\frac{\partial\psi}{\partial Z} = \frac{\Delta\psi}{\Delta Z} = \frac{\psi_n - \psi_{n-1}}{\Delta Z} = \frac{\left(\frac{\psi_t - \psi_{t-1}}{2}\right)_n - \left(\frac{\psi_t - \psi_{t-1}}{2}\right)_{n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}$$

onde:  $\psi_n$  e  $\psi_{n-1}$  = potenciais totais às profundidades  $Z_n$  e  $Z_{n-1}$  respectivamente, nos tempos  $t$  e  $t-1$ .

$\Delta Z$  = diferença entre as profundidades  $Z_n$  e  $Z_{n-1}$ .

$K(\theta)_z$  = condutividade hidráulica em função do conteúdo de água do solo, para a profundidade  $Z$  considerada.



O fluxo de água ( $Q_L$ ) foi considerado positivo quando ascendente e negativo quando descendente. Admitiu-se que os fluxos nas fases I e II ocorreram a partir da profundidade de 20 cm ( $Z_1 = 20$  cm); no início da fase III, até o dia 23/12 a partir de 30 cm ( $Z_2 = 30$  cm); no restante da fase III e durante a fase IV, a partir de 60 cm ( $Z_3 = 60$  cm), conforme a figura 1.

O escoamento superficial foi desprezado devido a que o método de irrigação utilizado foi o de bacias retangulares e portanto a área era completamente plana.

A partir dos valores de evapotranspiração real da cultura, obtida através do balanço hídrico de campo, determinou-se os coeficientes de cultivo, durante os estádios do ciclo fenológico do milho, conforme a relação proposta por DOURENBOS & KASSAM (1979):

$$k_c = \frac{ET_a}{ET_p}$$

onde:  $k_c$  = coeficiente que depende das condições do cultivo  
 $ET_a$  = evapotranspiração real da cultura (mm)  
 $ET_p$  = evapotranspiração potencial (mm)

A evapotranspiração potencial foi estimada através da metodologia do "Tanque Classe A", a partir da expressão:

$$ET_p = E_v \cdot K_{pan}$$

onde:  $E_v$  = evaporação medida no Tanque "Classe A" (mm)

$K_{pan}$  = coeficiente do Tanque, obtido segundo recomendações de DOORENBOS & PRUITT (1975), em função da velocidade do vento, umidade relativa e exposição do Tanque. Utilizou-se o valor de 0,75 como coeficiente.

As evaporações do Tanque, para a Cidade de Sumé, são apresentadas no Quadro V do anexo.

## CAPITULO 4

## R E S U L T A D O S      E      D I S C U S S Õ E S

## 1 - Efeito dos tratamentos de irrigação no crescimento, desenvolvimento e produção do milho.

O Quadro 2 apresenta as umidades médias do solo antes de cada irrigação para os diferentes estágios fenológicos do milho nas profundidades de 10 e 30 cm para os três tratamentos de água estudados. Observa-se que em geral os conteúdos de água para os três tratamentos de irrigação foram bastante similares. Assim, verifica-se que aos 10 cm de profundidade as médias dos três estágios para os tratamentos I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub> apresentaram conteúdos de água de 0,1972; 0,1851 e 0,1829 cm<sup>3</sup> . cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Aos 30cm estes foram 0,2295; 0,2219 e 0,2159 cm<sup>3</sup> . cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Semelhantes conclusões podem ser tiradas com respeito ao efeito das lâminas sobre o conteúdo de água no solo para os diferentes estágios fenológicos do milho. Análises estatísticas conduzidas para testar o efeito dos tratamentos de água no desenvolvimento do milho são mostrados no Quadro VI do anexo. Observa-se que praticamente não houve nenhum efeito significativo da irrigação. Isto pode ser explicado

QUADRO 2 - Unidades <sup>\*\*</sup> medias observadas antes de cada irrigacao em diferentes fases de ciclo fenologico, nas profundidades de 10 e 30 cm, segundo os tratamentos estabelecidos.

FASES* DO CICLO FENOLOGICO	TRATAMENTOS DE AGUA								
	I 1			I 2			I 3		
	10 cm	30 cm	Media	10 cm	30 cm	Media	10 cm	30 cm	Media
II	0,2344	0,2527	0,2436	0,2315	0,2592	0,2454	0,2179	0,2479	0,2329
III	0,1782	0,2198	0,1990	0,1784	0,2248	0,2016	0,1646	0,2011	0,1829
IV	0,1789	0,2160	0,1975	0,1454	0,1818	0,1636	0,1663	0,1986	0,1825
MEDIA	0,1972	0,2295	0,2134	0,1851	0,2219	0,2035	0,1829	0,2159	0,1994

\* II - fase vegetativa

III - fase de floracao

IV - fase de formacao dos frutos

\*\* As unidades sao apresentadas em cm<sup>3</sup> . cm<sup>-3</sup>

devido a que praticamente os tratamentos de irrigação testados não produziram nenhuma diferença no regime de água do solo (ver Quadro 2) e a razão disto foi atribuída aos seguintes fatos:

- Nível do lençol freático alto durante quase todo o período experimental (aproximadamente a 1,0 m de profundidade);
- Intensas chuvas ocorridas no mês de dezembro (Quadro IV do anexo).

## 2 - Efeitos do níveis de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento e produção do milho.

Considerando-se que de acordo com o delineamento experimental inicialmente adotado (fatorial 3X4 com 2 repetições) não foi obtida significância com respeito aos tratamentos de nitrogênio em relação a quase todos os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção analisados (Quadro VI do anexo), contrariando a bibliografia consultada (ALMEIDA et alii, 1972; MACEDO et alii, 1972; MONTEIRO, 1984, etc.), além de que conforme descrito anteriormente, não se obteve diferenças entre tratamentos de água, partiu-se a analisar os parâmetros obtidos através de blocos ao acaso no qual os tratamentos de água seriam considerados como repetições, sendo portanto relevante apenas os tratamentos de nitrogênio (níveis N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>). Com este novo tipo de delineamento adotado foi possível aumentar-se o grau de liberdade para o resíduo, o que conforme GOMES

(1978), conduz a uma melhor estimativa para o quadrado médio residual (QMr), ganhando-se em precisão.

Comparando-se o Quadro VI do anexo com os resultados obtidos a partir do novo delineamento adotado (Quadros VII, VIII, IX, X, XI, XII do anexo), verifica-se que desta vez foram obtidas significâncias entre tratamentos de nitrogênio, que anteriormente não foram permitidas se observar. Maiores detalhes com respeito a discussão do efeito das doses de nitrogênio sobre cada um dos parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção do milho, citados em materiais e métodos, e utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, são apresentados a seguir:

#### 2.1 - Altura de planta

Observando-se a figura 2, verifica-se que as curvas de crescimento revelaram que até 15 dias após o plantio (fase I), as plantas apresentaram uma faixa média de crescimento de 1,20cm/dia. Entre o 15º e 50º dia (fase II), a taxa média atingiu 3,26 cm/dia, com exceção do tratamento N<sub>4</sub> que revelou uma maior taxa, em média 3,77 cm/dia. Entre o 50º e 65º dia (fase III), a taxa foi em média 1,73 cm/dia, exceto para o tratamento N<sub>4</sub>, cuja taxa de crescimento caiu para 0,93 cm/dia. De 65 dias até a colheita (90 dias) a taxa nos tratamentos N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> e N<sub>3</sub> decaiu para 0,72 cm/dia e no tratamento N<sub>4</sub> para 0,40 cm/dia.

Os resultados mostrados na Figura 2 concordam com o

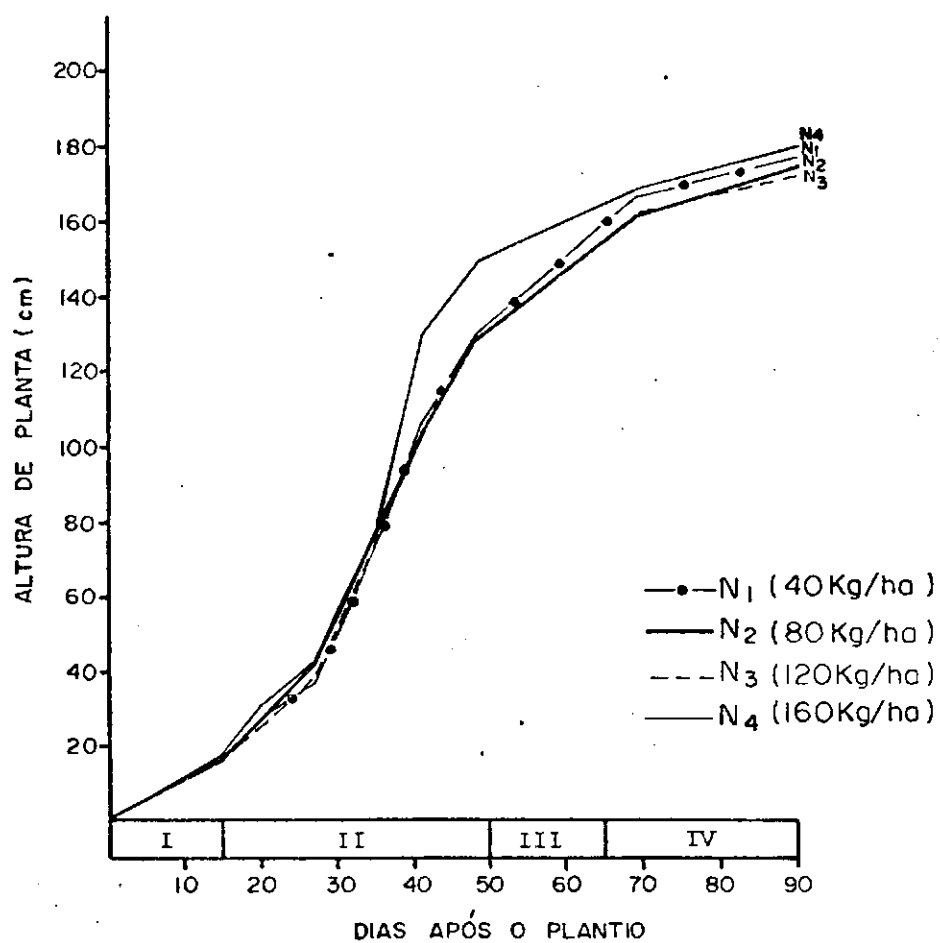


FIG. 2 - Alturas médias do milho sob diferentes níveis de nitrogênio durante as diferentes fases do seu ciclo fenológico (fases I, II, III e IV).

estudo de HANWAY (1971) que analisando a percentagem de matéria seca acumulada pela planta, concluiu que a taxa de crescimento aumenta gradativamente até o aparecimento da oitava folha, permanecendo alta até o início do florescimento, ocorrendo uma queda sensível na velocidade de crescimento da planta após esse período.

Ainda analisando-se a figura 2, verifica-se que até o 48º dia após o plantio, aparentemente as maiores alturas de plantas foram obtidas com aplicações dos maiores níveis de nitrogênio, contudo após este dia o nível N<sub>3</sub> revelou ao que parece, menores alturas. Este fato foi atribuído ao maior ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) nas parcelas sob este tratamento. As curvas de crescimento revelam ainda, que a cultivar em estudo apresentou porte inferior a cultivar BR 126 analisado por MONTEIRO (1984), que atingiu altura média de 229 cm.

A análise de variância (Quadro VII do anexo), através do teste F não revelou significância para os tratamentos de nitrogênio nos períodos analisados, com exceção do 41º dia após o plantio, para o qual foi obtida significância, ao nível de 5% de probabilidade, para os níveis de N aplicados, fato devido à adubação de cobertura ter sido feita bem próximo a este dia e revela a importância do fracionamento das doses de nitrogênio, que pode ser corroborada pela afirmação de LOPES (1984), segundo o qual na aplicação basal da uréia de uma só vez, a quantidade aproveitada é de só 25%



e 75% é perdida, mas se é aplicada parcelada, no momento correto, o aproveitamento é muito maior.

Aplicado o teste de Tukey no 41º dia após o plantio, foi revelado que o tratamento N<sub>4</sub> foi significativamente superior, a 5% de probabilidade, aos níveis N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> e N<sub>3</sub>.

Os coeficientes de variação (CV) foram na maioria das observações tidos como médios (variando de 10,13 a 15,79%), com exceção de 69º e 90º dia após o plantio, em que os coeficientes (8,93 e 7,61%, respectivamente) foram baixos, segundo considerações de GOMES (1978). Como o coeficiente de variação é um parâmetro utilizado pelos pesquisadores para avaliar a precisão dos resultados obtidos e, como quanto menor ele for maior a precisão do experimento, pode-se dizer que a precisão deste experimento, com relação à altura de planta variou de aceitável a alta.

## 2.2 - Produção e seus componentes

### 2.2.1 - Número total de espigas comerciais /ha

Observando-se o Quadro 3 verifica-se que o número de espigas comerciais /ha variou de 28571 a 39881, com aplicação dos níveis N<sub>1</sub> (40 kgN/ha) e N<sub>2</sub> (80 kgN/ha) respectivamente, sendo obtido um valor médio igual a 35169, resultados que se enquadram dentro daqueles encontrados por SAWAZAKI et alii (1979) que conduzindo um ensaio com nove cultivares, obtiveram uma variação entre 31200 e 40000 espigas/ha com uma aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio. Por

outro lado, analisando-se ainda o Quadro 3 verificou-se que aparentemente o nível N<sub>2</sub> proporcionou um aumento de 8,99% comparado com o nível N<sub>1</sub>, enquanto que os níveis N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub> mostraram resultados bem próximos ao obtido com N<sub>2</sub>. Contudo, através da análise de variância (Quadro VIII do anexo), aplicado o teste F não foi constatada significância, ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos aplicados.

Os resultados obtidos pela análise de variância discordam daqueles obtidos por MONTEIRO (1984), que trabalhando com a cultivar BR 126, observou significância da adubação nitrogenada sobre o número de espigas comerciais/ha,

Quadro 3 - Número de espigas comerciais/ha para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						MEDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	33929	38691	30952	28571	30952	35714	33135
N <sub>2</sub>	38691	39881	32143	29167	38691	37500	36409
N <sub>3</sub>	39880	34525	33333	35119	39286	29167	35219
N <sub>4</sub>	36906	35714	39880	38095	34524	30357	35913
MEDIA	37352	37203	34077	32738	35863	33185	35169

possivelmente em razão de diferentes condições de ensaio.

O coeficiente de variação (CV) obtido foi

4,71%. Conforme GOMES (1978) este valor é considerado baixo. Pela definição de coeficiente de variação, pode-se dizer que a precisão deste experimento com relação ao número total de espigas foi alta.

### 2.2.2 - Índice de espigas por planta

Partindo-se da informação fornecida por MONTEIRO (1984) segundo o qual, para comercialização do milho verde, um índice de espigas igual a 1,0 pode ser considerado o ideal, pois a segunda espiga nem sempre é de boa qualidade, verifica-se pelo Quadro 4 que os índices obtidos foram relativamente elevados, indicando que há possibilidade de melhorar ainda mais a qualidade das espigas, mediante um

Quadro 4 - Índice de espigas por planta para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						MEDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	1,54	1,35	1,08	1,17	1,24	1,33	1,29
N <sub>2</sub>	1,44	1,68	1,42	1,17	1,38	1,37	1,41
N <sub>3</sub>	1,46	1,50	1,10	1,28	1,47	1,17	1,33
N <sub>4</sub>	1,22	1,20	1,46	1,42	1,30	1,11	1,29
MEDIA	1,42	1,43	1,27	1,26	1,35	1,25	

aumento da população de plantas. Salienta-se por outro lado, que o maior índice de espiga por planta aparentemente revelado com o nível N<sub>2</sub> é consequência do maior número de espigas obtido sob este nível, devido a um melhor desenvolvimento da planta.

Feita a análise de variância (Quadro IX do anexo), através da aplicação do teste F, não foi revelada significância para os tratamentos de nitrogênio utilizados, resultado que concorda com o obtido por MONTEIRO (1984).

O coeficiente de variação (CV) obteve o valor de 10,86%, considerado por GOMES (1978) como médio. Conforme a definição de coeficiente de variação, a precisão deste experimento, com respeito ao índice de espiga por planta, pode-se dizer que foi aceitável.

### 2.2.3 - Rendimento das espigas comerciais com palha

A análise do Quadro 5 permite observar que os rendimentos variaram de 10,83 a 17,36 t/ha de espigas com palha, valores que se aproximam daquelas obtidas por ISHIMURA et alii (1984) que encontraram rendimentos de espigas com palha oscilando de 11,49 a 16,16 t/ha para os híbridos AG 351B e C742, respectivamente. Constata-se também pelo Quadro 5 que o maior rendimento de espigas com palha (17,36 t/ha) foi obtida com o nível N<sub>2</sub>. Por outro lado, MONTEIRO (1984) trabalhando com a cultivar BR 126 obteve a maior produção de

espiga com palha (14,2 t/ha), com aplicação de 160 kgN/ha, possivelmente em razão de diferentes condições de experimento

Quadro 5 - Rendimento de espigas comerciais com palha (t/ha) para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						* MEDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	14,14	11,61	10,83	11,90	11,87	13,69	12,34 b
N <sub>2</sub>	16,77	13,29	17,36	15,75	16,77	16,01	15,99 a
N <sub>3</sub>	15,95	13,23	12,22	17,09	15,06	12,64	14,37ab
N <sub>4</sub>	12,54	11,90	15,29	12,70	15,54	13,15	13,52 b
MEDIA	14,85	12,51	13,93	14,36	14,81	13,87	

\* Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

e características das cultivares. Ainda observando-se o Quadro 5 verifica-se que o rendimento de espigas com palha aumentou até o nível N<sub>2</sub>, constatando-se um decréscimo no rendimento com aplicação dos níveis N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>. Este resultado foi atribuído talvez ao fato destes níveis de nitrogênio (N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>) por terem sido elevados, estimularam mais o crescimento vegetativo, acarretando um baixo rendimento de grãos, pois conforme explica BLACK (1975), um fornecimento excessivo de nitrogênio ocasiona desvio de carboidratos para o crescimento vegetativo e a diminuição da concentração de outros nutrientes no tecido vegetal.

Através da análise de variância (Quadro X do anexo), ao aplicar-se o teste F, foi verificada significância, ao nível de 1% de probabilidade, para os níveis de nitrogênio.

Utilizando-se o teste de Tukey, descrito por GOMES (1978), observou-se que o nível N<sub>2</sub> foi significativamente superior aos níveis N<sub>1</sub> e N<sub>4</sub>, a 5% de probabilidade, não sendo verificada diferença significativa entre os níveis N<sub>1</sub>, N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>. O nível N<sub>2</sub> não produziu significativamente rendimento superior ao obtido com o nível N<sub>3</sub>.

A análise de regressão, aplicada aos dados do rendimento de espigas com palha, mostrou que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou entre os testados, descrevendo de maneira razoável o parâmetro analisado ( $R^2 = 0,7404$ ). O rendimento esperado alcançou um máximo de 15,46 t/ha para uma aplicação de 103,40 kgN/ha, conforme pode ser observado na figura 3.

O coeficiente de variação (CV) obtido foi igual a 9,33%, considerado segundo GOMES (1978) como baixo. De acordo com a definição de coeficiente de variação, pode-se dizer que a precisão deste experimento com relação ao rendimento das espigas com palha foi alta.

#### 2.2.4 - Rendimento das espigas comerciais sem palha

No quadro 6 é apresentado o rendimento das espigas sem palha, através do qual verifica-se que o maior

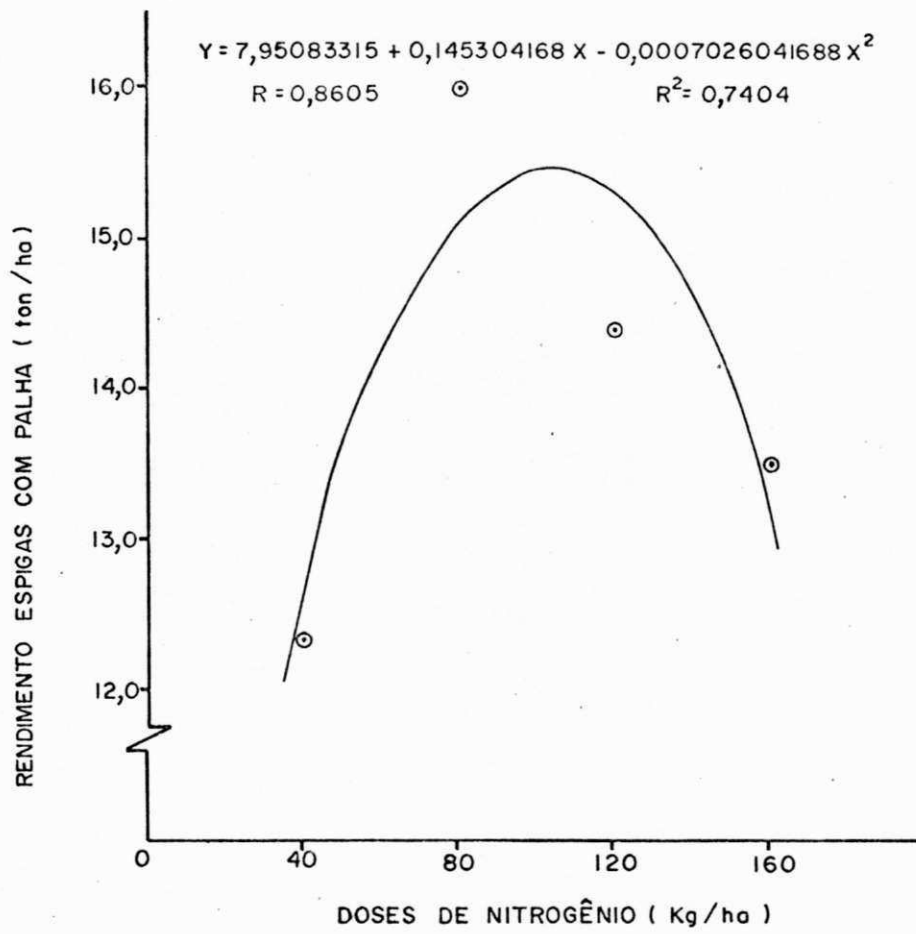


FIG. 3 - Rendimento médio de espigas com palha em função das doses de nitrogênio.

valor (9,95 t/ha) foi obtido com a aplicação do nível N<sub>3</sub>, por outro lado ocorrendo o menor valor (4,88 t/ha) para o maior

Quadro 6 - Rendimento de espigas comerciais sem palha (t/ha) para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						* MÉDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	7,35	6,45	5,67	6,19	7,22	8,33	6,87ab
N <sub>2</sub>	8,38	7,31	6,43	8,26	8,38	8,79	7,93 a
N <sub>3</sub>	7,98	6,33	6,67	9,95	8,12	6,32	7,56ab
N <sub>4</sub>	4,88	5,36	5,32	6,98	7,37	6,98	6,15 b
MÉDIA	7,15	6,36	6,02	7,85	7,77	7,61	7,13

\* Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

nível de nitrogênio, contudo na média geral de tratamentos, o maior valor se deu para o nível N<sub>2</sub>. A diminuição de rendimento para o maior nível de nitrogênio, deveu-se talvez conforme explica DEMOLON (1972), a maior disponibilidade de nutrientes às plantas, que favorece nos cereais o crescimento vegetativo e empalhamento, em detrimento ao rendimento dos grãos. BLACK (1975) cita que em experimentos realizados em Iowa com milho, chegou-se à conclusão que quando o fornecimento de N, ao solo foi abundante houve um atraso na maturação, fazendo com que houvesse uma diminuição do conteúdo de água do grão.



Os resultados obtidos concordam com os trabalhos conduzidos em Viçosa e Sete Lagoas por GALVÃO et alii (1969), segundo os quais, o milho responde favoravelmente para a produção de grãos à adubação nitrogenada até 80 kgN/ha. Contudo o rendimento médio obtido (7,13 t/ha) foi inferior aquele encontrado por COELHO (1984), em Prudente Moraes - MG, que obteve 8,35 t/ha de espigas verdes comerciais, com aplicação de 60 kgN/ha, na forma de uréia, fato atribuído à diferenças de condições em que se desenvolveram os experimentos.

Conforme análise de variância (Quadro XI do anexo), ao aplicar-se o teste F, verificou-se significância, ao nível de 5% de probabilidade, para os tratamentos testados.

Utilizando-se o teste de Tukey, descrito por GOMES (1978), verificou-se que o nível N<sub>2</sub> foi superior apenas ao nível N<sub>4</sub>, a 5% de probabilidade. Não se observou diferença significativa entre os tratamentos N<sub>1</sub> e N<sub>3</sub> e, estes por sua vez, não produziram rendimentos significativamente superiores aos demais tratamentos.

Aplicada a análise de regressão, observou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou entre os testados. Pela figura 4 verifica-se que a função estimada para rendimento sem palha acusou um valor máximo de 7,92 t/ha, para uma aplicação estimada em 91,8 kg/ha de nitrogênio.

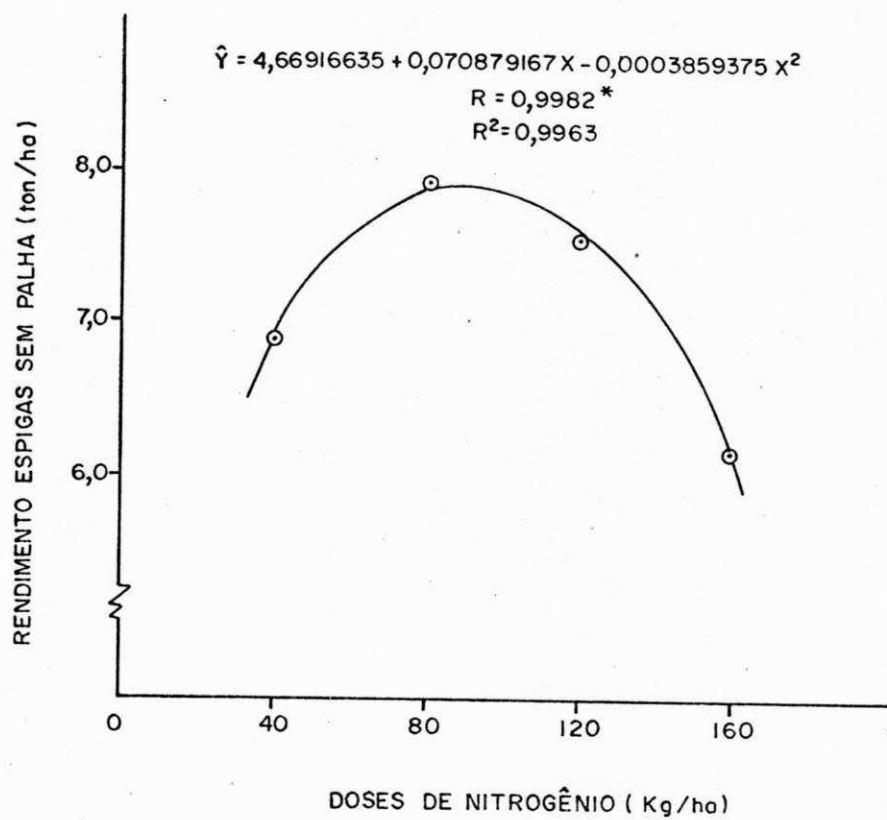


FIG. 4 - Rendimento médio de espigas sem palha em função das doses de nitrogênio.

O coeficiente de variação (CV) obtido foi 12,77%, considerado por GOMES (1978) como médio. Pela definição de coeficiente de variação pode-se dizer que a precisão deste experimento com relação ao rendimento de espigas sem palha foi aceitável.

#### 2.2.5 - Percentagem de empalhamento

Analisando-se o Quadro 7 verifica-se que de maneira geral houve um aumento da percentagem de empalhamento à medida que aumentou o fornecimento de nitrogênio. O tratamento N<sub>4</sub> proporcionou um incremento de 18,42; 7,73 e 12,34%, em relação aos níveis N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> e N<sub>3</sub> respectivamente.

Quadro 7 - Percentagem de empalhamento do milho para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						* MEDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	48,0	44,4	48,0	48,0	39,2	39,2	44,5 c
N <sub>2</sub>	50,0	45,0	63,0	47,6	50,0	45,1	50,1ab
N <sub>3</sub>	50,0	52,2	45,4	41,8	46,1	50,0	47,6bc
N <sub>4</sub>	61,1	55,0	65,2	45,0	52,6	47,0	54,3 a
MEDIA	52,3	49,2	45,4	45,6	47,0	45,3	49,1

\* Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Este resultado foi atribuído ao fato da maior disponibilidade de nutrientes às plantas além de favorecer o crescimento vegetativo, ocasiona também mais palha, segundo citação de BLACK (1975). Contudo, a percentagem média de empalhamento para o tratamento N<sub>3</sub> discordou desta afirmação de BLACK (1975), apresentando um decréscimo no empalhamento, justificado pelo fato de que embora o rendimento de palha fosse alto, o rendimento de espigas sem palha também foi alto, resultando numa baixa relação palha/espiga sem palha.

Conforme os dados obtidos, as espigas revelaram em média aproximadamente 49% de empalhamento, valor superior ao encontrado por MONTEIRO (1984), que obteve 43%, em média.

Feita a análise de variância (Quadro XII do anexo), ao aplicar-se o teste F, verificou-se significância, ao nível de 5% de probabilidade, para os tratamentos aplicados.

Utilizando-se o teste de Tukey descrito por GOMES (1978), aos dados do Quadro 7, observou-se que o nível N<sub>4</sub> diferiu significativamente dos níveis N<sub>1</sub> e N<sub>3</sub>, a 5% de probabilidade, sendo constatada também diferença entre os níveis N<sub>1</sub> e N<sub>2</sub>. Não diferiram significativamente o nível N<sub>1</sub> de N<sub>3</sub> e N<sub>2</sub> de N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub>.

Conforme a análise de regressão, os níveis de nitrogênio apresentaram efeito linear significativo ( $p = 1\%$ ) sobre a percentagem de empalhamento, revelando-se um razoável grau de ajustamento dos dados ao modelo ( $R^2 = 0,7033$ ),

conforme pode ser observado na figura 5.

O coeficiente de variação (CV) foi igual a 6,54%, considerado por GOMES (1978) como baixo. Pela definição de coeficiente de variação, pode-se dizer que a precisão deste experimento, com relação à percentagem de empalhamento foi alta.

#### 2.2.6 - Qualidade das espigas comerciais

No Quadro 8 são mostradas as notas atribuídas conforme classificação proposta para qualidade de espigas. Observa-se que as espigas apresentaram uma granação bem uniforme.

Quadro 8 - Notas de qualidade das espigas comerciais para os tratamentos de nitrogênio estudados.

TRATAMENTOS	BLOCOS						MEDIA
	1	2	3	4	5	6	
N <sub>1</sub>	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,8
N <sub>2</sub>	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,7
N <sub>3</sub>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
N <sub>4</sub>	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,8
MEDIA	1,8	1,8	1,5	2,0	2,0	2,0	

Ainda analisando-se o Quadro 8, verifica-se que o nível N<sub>3</sub> apresentou uma granação considerada boa, para

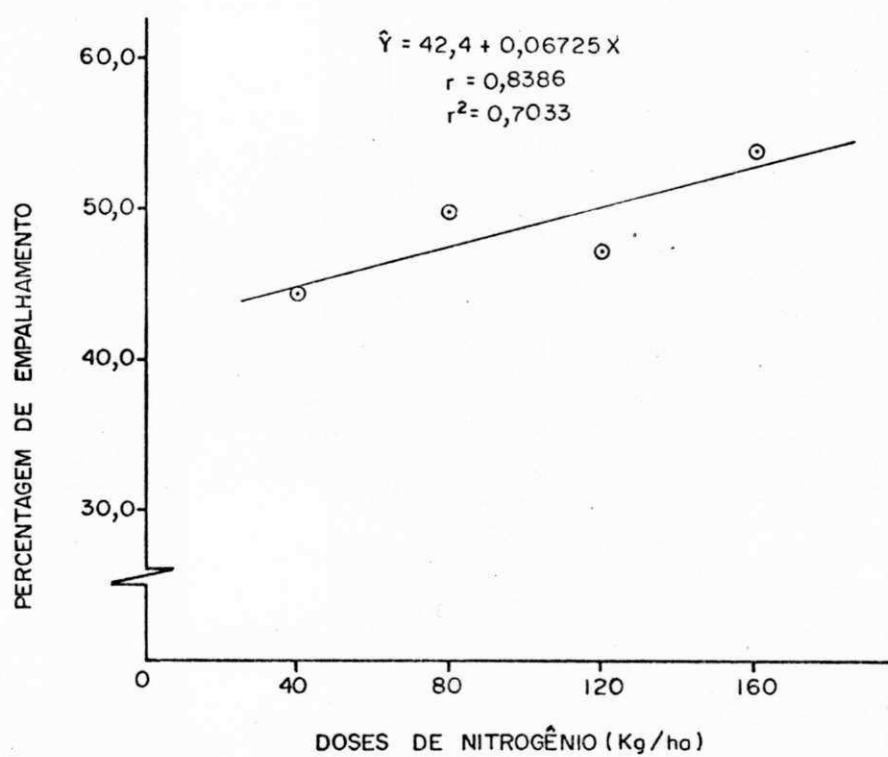


FIG. 5 - Percentagem média de empalhamento em função das doses de nitrogênio.

todas as repetições. Contudo, pelos resultados obtidos anteriormente no tocante ao rendimento das espigas comerciais é mais recomendável utilizar o nível N<sub>2</sub>, para as condições em que foi desenvolvido o experimento.

### 3 - Balanço hídrico

Como indicado anteriormente a permanência do lençol freático aproximadamente a 100 cm de profundidade durante todo o período de experimento comprovado pela observação de um poço aberto no campo, permitiu a ocorrência de fluxo ascendente permanente para as camadas superiores do solo, mantendo desta forma, a umidade praticamente constante, a um nível superior à fração de esgotamento de água do solo planejada para os tratamentos hídricos estabelecidos. Este fato, conforme explicado anteriormente deve ter contribuído consideravelmente para que não ocorressem variações significativas entre os tratamentos de irrigação analisados neste estudo. Rijtema, citado por VALDIVIESO et alii (1986) afirma que em solos onde o lençol freático se encontra a menos de 1,0 m de profundidade, a taxa de fluxo ascendente é da ordem de 0,6 mm/dia, o que mantém a zona da raízes a níveis de umidade em torno da capacidade de campo.

Na figura 6 são apresentados os perfis de umidade correspondentes aos diferentes períodos de drenagem, obtidos durante a determinação da condutividade hidráulica segundo a

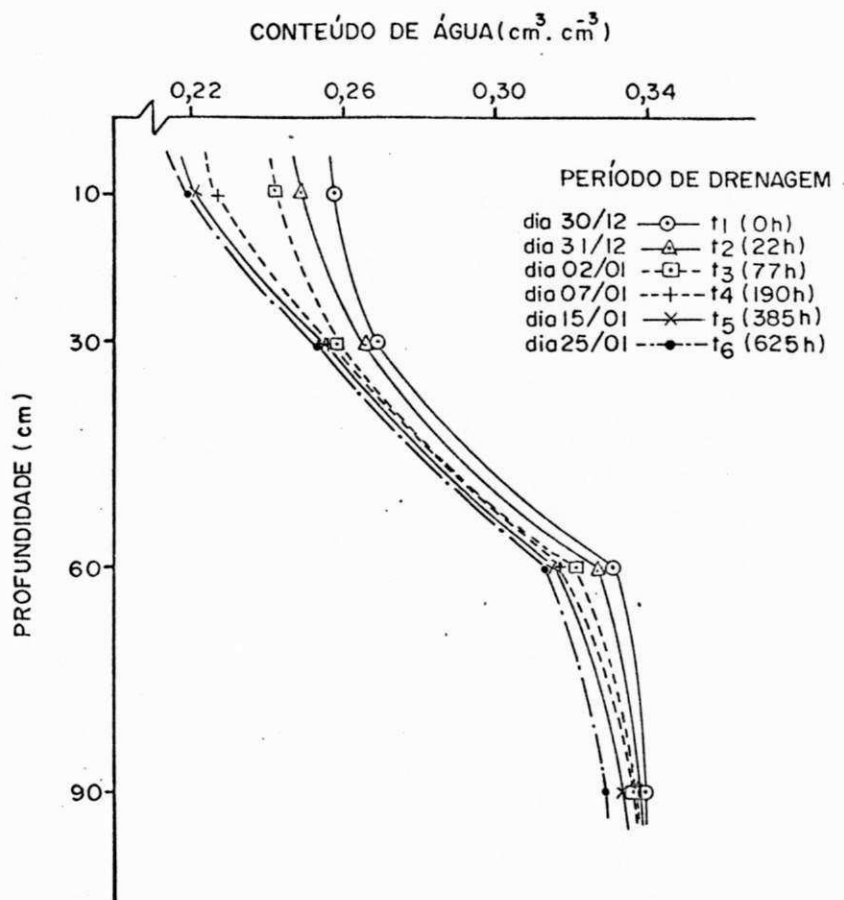


FIG. 6 - Perfis de umidade em função da profundidade para os diferentes períodos de drenagem durante o teste da condutividade hidráulica  $K(\theta)$ .



metodologia do perfil instantâneo (HILLEL, 1972). Observa-se que no tempo zero a umidade do solo, a partir de 60 cm estava próximo à saturação, verificando-se também que a partir desta profundidade há um acréscimo significativo do conteúdo de água, durante todo o período de drenagem, indicando a presença de uma camada restritiva ao fluxo de água imediatamente abaixo desta camada, que pode ser comprovada pela descrição do perfil do solo (Quadro I do anexo), que mostra que a camada de 62 - 88 cm não apresenta poros visíveis, além de ser extremamente densa e com aspecto maciço "in situ".

A equação utilizada para estimativa da evapotranspiração atual foi:

$$ETa = - \Delta ARM + Q_L$$

Considerando-se que os tubos de acesso para a sonda de nêutrons foram instalados apenas nas parcelas que receberam os níveis de nitrogênio  $N_3$  e  $N_4$  (120 e 160 kgN/ha, respectivamente), optou-se pelo estabelecimento do balanço hídrico apenas para as parcelas cujo nível de adubação foi  $N_3$  (120 kgN/ha), levando-se em conta que esta dose de nitrogênio não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, daquela que proporcionou o melhor rendimento de espigas com e sem palha, ou seja, nível  $N_2$  (80 kgN/ha).

No Quadro 9 encontra-se os valores dos componentes do

balanço hídrico determinados de acordo com a metodologia descrita anteriormente. Analisando-se este Quadro, verificou-se nas variações dos armazenamentos de água no solo, depleções de umidade, como consequência do início dos períodos considerados ocorrerem após as irrigações ou precipitações.

Com exceção do 12º, 13º e 41º dias, em que ocorreram fluxos descendentes de 0,31; 0,04 e 0,17 mm, respectivamente, os fluxos internos de água abaixo do sistema radicular da cultura foram em quase a totalidade ascendentes, confirmando portanto a contribuição do lençol freático em direção às raízes. O máximo fluxo ascendente obtido ocorreu entre os dias 21 e 23 de dezembro, com um valor de 0,261 cm/dia, bem próximo ao obtido por STONE et alii (1973) trabalhando com sorgo, nos EUA, os quais observaram um fluxo ascendente de 0,20 cm/dia. Por outro lado, CARVALLO et alii (1975) trabalhando com soja, também nos EUA, encontraram um fluxo ascendente máximo de 0,018 cm/dia, fluxo este devido a excessiva demanda de água durante o verão.

Observando-se os valores de evapotranspiração real (ETA) obtidos conforme a equação anterior, verifica-se que os maiores valores ocorreram nos períodos de floração e início de formação dos grãos, ou seja entre 52 e 61 dias do ciclo fenológico da cultura (fase III), e os menores, durante a germinação e final da formação dos grãos no estado verde (fase I e IV, respectivamente). Estes resultados concordam

QUADRO 9 - Valores dos Componentes do Balanço Hídrico durante o período de 12/11/85 a 28/01/86 para a cultura do milho, utilizando-se o tratamento N3.

(continua)

FASES DO CICLO FENOLOGICO	REPETICAO	DIA	MES	UMIDADE $\begin{matrix} 3 \\ \text{cm} \end{matrix}$ . $\begin{matrix} -3 \\ \text{cm} \end{matrix}$				ARR (mm)	$\Delta$ ARR (mm)	$\begin{matrix} \text{mm} \\ Q \\ L \\ \text{(mm)} \end{matrix}$	ETa (mm)	ETp (mm)	k <sub>c</sub>	k <sub>c</sub>	
				PROFUNDIDADE (cm)											
				10	30	60	90								
I	1	12	11	0,2669	0,2603			53,22							
		14	11	0,2348	0,2584			47,55	-5,67	-0,61	5,06	11,13	0,46		
	4	13	11	0,2467	0,2480			49,37						0,50	
		14	11	0,2303	0,2509			46,58	-2,75	-0,04	2,71	5,14	0,53		
II	1	11	12	0,2265	0,2556			46,03							
		13	12	0,1899	0,2499			39,48	-6,55	+0,32	6,87	10,25	0,67		
	4	11	12	0,2519	0,2509			50,36							
		12	12	0,2385	0,2485			47,95	-2,41	-0,17	2,24	3,74	0,60		
	5	12	12	0,2340	0,2612			47,48						0,66	
		13	12	0,2280	0,2626			46,47	-1,02	+1,12	2,14	2,89	0,73		
		6	11	12	0,2385	0,2598			48,23						
			12	12	0,2176	0,2551			44,46	-3,77	+0,40	4,17	6,57	0,63	
III	1	21	12	0,2250	0,2589	0,3337		70,89							
		23	12	0,1922	0,2537	0,3349		63,81	-7,08	+5,22	12,30	12,27	1,00		
	4	22	12	0,2101	0,2466	0,3067		66,68							
		23	12	0,1877	0,2410	0,3090		61,64	-5,04	+0,01	5,05	5,23	0,97		
	1	30	12	0,2676	0,2438	0,3314	0,3390	164,19						1,01	
		01	01	0,2049	0,2268	0,3296	0,3325	147,12	-17,07	+1,38	18,45	17,91	1,03		
6	01	01	0,1989	0,2292	0,3132	0,3273	143,86								
	02	01	0,1840	0,2174	0,3102	0,3296	137,68	-6,18	+0,025	6,20	5,93	1,04			

FASES DO CICLO FENOLOGICO	REPETICAO	DIA	MES	UMIDADE $\frac{3}{\text{cm}}$ $\frac{-3}{\text{cm}}$				ARM (MM)	$\Delta$ ARM (MM)	$\frac{MM}{L}$ Q (MM)	ETa (MM)	ETp (MM)	k c	k' c
				PROFUNDIDADE (CM)										
				10	30	60	90							
IV	1	04	01	0,2056	0,2188	0,3296	0,3367	145,26						
		07	01	0,1765	0,2080	0,3255	0,3349	136,12	-9,47	+3,26	12,73	17,57	0,72	
	2	04	01	0,1810	0,1910	0,3331	0,3384	133,92						0,75
		07	01	0,1660	0,1736	0,3261	0,3355	125,52	-8,41	+5,18	13,59	17,57	0,77	
	4	10	01	0,2348	0,2311	0,2914	0,3267	148,14						
		15	01	0,1735	0,2132	0,2814	0,3249	130,21	-18,23	+0,001	18,23	32,02	0,57	
	1	12	01	0,2056	0,2268	0,3284	0,3390	147,08						0,60
		15	01	0,1683	0,2136	0,3237	0,3402	135,62	-11,46	+4,17	15,63	25,14	0,62	
	6	08	01	0,3095	0,2485	0,3196	0,3314	171,97						
		20	01	0,1877	0,2108	0,3026	0,3231	135,63	-36,34	+0,06	36,40	71,95	0,51	
	1	20	01	0,2557	0,2301	0,3184	0,3343	156,43						0,49
		25	01	0,2019	0,2198	0,3132	0,3355	142,31	-14,12	+1,37	15,49	28,59	0,54	
	4	27	01	0,2923	0,2424	0,2885	0,3214	162,34						
		28	01	0,2863	0,2405	0,2885	0,3196	160,22	-2,13	+0,0001	2,13	4,99	0,43	

\* (I) Fase de estabelecimento

(II) Fase vegetativa

(III) Fase de floração

(IV) Fase de formação dos frutos

MM Valores dos parâmetros envolvidos no cálculo dos fluxos (Q) em apresentadas no anexo.

com aqueles obtidos por DOORENBOS & KASSAM (1979), concordando em parte também com aqueles encontrados por DUARTE et alii (1983) que verificaram que os maiores consumos de água ocorreram durante a floração e início da maturação.

Durante o ciclo completo da cultura, a evapotranspiração real média foi de 4,30 mm/dia. Este resultado foi inferior ao valor apresentado por SAUNDERS et alii (1985), 6,38 mm/dia, em Quixeramobim - CE, contudo aproximou-se daquele obtido por CASTRO & REICHARDT (1980) em Piracicaba - SP, que encontraram 4,72 mm/dia. As variações nos resultados podem ser justificadas pelas afirmações de FRIZZONE & OLITTA (1987), segundo os quais, o estado da planta, fatores meteorológicos e estado da água no sistema solo-planta-atmosfera tem influência sobre a evapotranspiração atual.

Ainda através do Quadro 9, observa-se os valores dos coeficientes de cultivo obtidos para os períodos estabelecidos, ao longo do ciclo fenológico do milho, verificando-se os baixos valores no início e final do ciclo. No início, as necessidades hídricas da planta são pequenas. Com seu desenvolvimento há um crescimento do sistema radicular e do caule, além do aumento da área foliar, ocasionando um incremento do processo evapotranspiratório e conseqüentemente do coeficiente de cultivo. O valor médio máximo deste coeficiente (1,04) ocorreu durante a floração e se aproxima daquele recomendado por DOORENBOS & KASSAM

(1979), ou seja 1,13, no período de maior demanda da cultura do milho.

A partir do Quadro 9, elaborou-se a figura 7, a qual apresenta graficamente o comportamento dos coeficientes de cultivo obtidos durante o ciclo do milho.

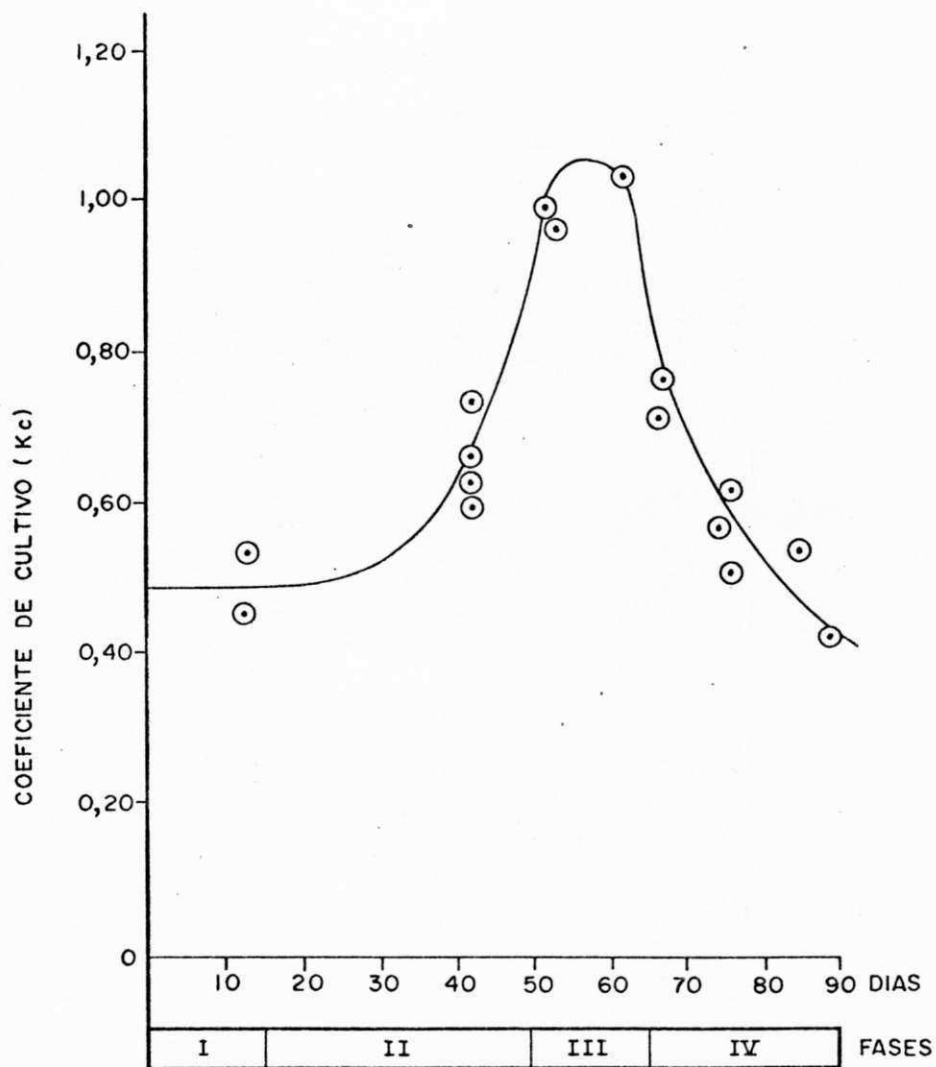


FIG. 7 - Coeficientes de cultivo do milho em função do ciclo fenológico da cultura.

## CAPITULO 5

## CONCLUSOES E RECOMENDAÇÕES

Baseando-se nos resultados obtidos no presente estudo é possível extrair as seguintes conclusões e recomendações:

1. A altura de planta aumentou, de maneira geral, com o incremento das doses de nitrogênio, sendo observada contudo, significância deste fator apenas aos 41 dias após o plantio.

2. Verificou-se diferenças significativas para os níveis de nitrogênio no tocante ao rendimento de espigas com e sem palha e também na percentagem de empalhamento. Foi revelado que a aplicação deste fertilizante aumentou significativamente, a 5% de probabilidade, o rendimento de espigas com e sem palha, numa relação quadrática.

3. A percentagem de empalhamento aumentou significativamente, a 1% de probabilidade, numa relação linear, com os níveis crescentes de nitrogênio estudados.

4. Os tratamentos de nitrogênio não apresentaram efeito significativo sobre o número de espigas comerciais/ha e nem sobre o índice de espigas por planta.

5. De todos os níveis de nitrogênio analisados o que produziu melhores resultados para os parâmetros estudados foi o N<sub>2</sub> que correspondeu à dose de 80 kgN/ha.



6. Os fluxos de água no solo durante o período estudado foram em quase a totalidade ascendentes, com exceção do 12º, 13º e 41º dias em que ocorreram fluxos descendentes de 0,31; 0,04 e 0,17 mm, respectivamente.

7. A evapotranspiração real média do milho obtido foi de 4,30 mm/dia para uma evapotranspiração potencial média de 5,93 mm/dia, o que correspondeu a um coeficiente de cultivo médio para o ciclo de 0,73.

8. A evapotranspiração média real acumulada durante o período em estudo ( 90 dias) foi de 335,51 mm.

9. Os coeficientes de cultivo médios obtidos para as fases de estabelecimento, vegetativa, de floração e de formação da colheita foram respectivamente 0,50; 0,66; 1,01 e 0,59, enquanto que mensalmente, os coeficientes assumiram os valores de 0,50; 0,80 e 0,65 em novembro, dezembro e janeiro, respectivamente.

Recomenda-se um estudo similar em que não haja influência do lençol freático sobre as variações de umidade do solo, de tal forma, que se possa testar o efeito dos regimes hídricos estabelecidos nesta pesquisa.

## B I B L I O G R A F I A    C I T A D A

- ALMEIDA, L.M. de; SA JUNIOR; J.P.M.; ARAUJO, S.M.C. de & VASCONCELOS; A.L. de. Efeitos da adubação nitrogenada na produção do milho em solos lotossólicos e podzólicos da zona canavieira de Pernambuco. *Pesq. Agrop. Nord.*, Recife, 4 (2): 13-28, jul/dez. 1972.
- ARAGAO JUNIOR, T.C. & CASTRO, P.T. de. Utilização do balanço hídrico na determinação do coeficiente de cultura (kc) da cenoura (*Daucus carota*, L). *Ciênc. Agron. Fortaleza*, 14 (1-2): 115-21, 1983.
- ARRUDA, H.V. de. Adubação nitrogenada do milho. *Bragantia*, Campinas, 18: 161-7, 1959.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4<sup>a</sup> ed. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1972.
- BELTRAME; L.F.S. & OLIVEIRA, J.L.B. Resposta do milho (*Zea mays*, L) à irrigação suplementar por sulcos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7<sup>o</sup>, Brasília - D.F., 1986. *Anais...* Brasília - D.F. ABID. 1986. v.1. p.205-19.
- BIELORAI, H.; HELLER, J.; MANTELL, A.; RUBIN, J. CORN (maize). III Publication, 1, 23-9. *Inst. of Soils and*

- Water, ARO. Israel. 1976.
- BLACK, C.A. Relaciones Suelo - Planta, 2ª ed. Traduzido por ARMANDO RABUFFETTI. Argentina. Editorial Hemisferio Sur. v.1. 1975. 865p.
- CANCINO, H.R.; MABBAYAD, B.B. Minimum tillage and nitrogen application in corn production. Philippine Journal of Crop Science. 4 (1): 21-2. Depart. of Agron. Philippines Univ. Los Baños, Laguna. 1979.
- CARVALHO, H.W. de; BATISTA, J.S. & LIMA, A. do N. Estudo da adubação NPK sobre algumas características agronômicas do milho nas MRH's 131 e 132. Barreiras - BA. EMBRAPA/UEPAE. 1977. 9p (Comunicado técnico, 4).
- CARVALLO, H.O., CASSEL, D.K. & BAVER, A. Water Losses from Soybean Field by Deep Percolation and Evapotranspiration. Water Resourcer Research, 11: 267-74. 1975.
- CASTRO, P.T. de & REICHARDT, K. Estimativa da evapotranspiração real e potencial de uma cultura de milho (Zea mays, L). Ciên. Agron. Fortaleza, 11 (2): 109-13. 1980.
- COELHO, A.M. Milho verde. In: Exploração racional de várzeas II. Informe agropecuário. Belo Horizonte, 13 (152): 49-53, 1984.

- COLLIER, D. & KROTH, E.M. Corn yield response and economic optima for nitrogen treatments and plant population over a seven year period. *Agron. Journal*. Madison. 60: 524-29. 1958.
- COUTO, L.; COSTA, E.F. da; VIANA, R.. & ALVES, M. Produção de milho verde, em várzea, sob irrigação. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1983. 10p.
- DAKER, A. Irrigação e Drenagem, a água na agricultura, 6ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 1984, v.3.
- DAMBROTH, M. & BRAMM, A. Optimal irrigation for maize. *Soil and Fertilizers*. Commonwealth Agricultural Bureaux, 43 (12): 1141-43, december 1979. (Abstracts 9806-10809).
- DE BOODT, M.; HARTMANN, R.; DE MEESTER, P. Determination of soil moisture characteristics for irrigation purposes by neutron moisture meter and air purged tensiometers. In: SYMPOSIUM ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION IN SOIL PHYSIC AND IRRIGATION STUDIES, Stambul, 1967, Proceedings. Viena, Internacional Atomic Energy Agency, 1967. p. 47-160.
- DELIBALTOV, J. & ZACHARIEV, T. The economic efficiency of irrigation and fertilization of wheat, maize and sugar-beet. *Zucherruben International Zeitschrift der Landwirtschaft*, (2): 175-80, 1976.

DEMOLON, A. Principios de Agronomía, Crecimiento de Vegetales Cultivados, trad. por JOSE PEREZ MALLA. Barcelona. Ediciones Omega. 1972. t.2.

DEVENDER REDDY, M.; MURTHY, I.K.; REDDY, K.A. & VENKATACHARI, A. Consumptive use and daily evapotranspiration of corn under different levels of nitrogen and moisture regimes. Plant and Soil, The Hague, 56: 143-7. 1980.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome. FAO. 1979. 193p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, S.J. & PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome. FAO. 1975. 179 p (Irrigation and Drainage Paper, 24)

DUARTE, E.F.; SILVA, A.T. da. & RIBEIRO, M.E.S. Uso consuntivo da água em cultura de milho, na Baixada Fluminense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 13º, Itaguai - R.J. 1983. Resumos. Itaguai - R.J.. UFRRJ/ABID/SBEA/CNPq/EMBRAPA/MA. 1983. p. 78.

ECK, H.V. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agronomy Journal, 76 (3) 421-28. 1984.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Destaque dos resultados de pesquisa de 1983. Brasília. EMBRAPA-ATA. 1984. 88 p.

- FIPLAN - Fundação Instituto de Planejamento. Estudo das repercussões sócio econômicas do Perímetro Irrigado de Sumé. João Pessoa - PB, 1978.
- FRIZZONE, J.A. & OLITTA, A.F.L. Consumo de água e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L) em latossolo vermelho escuro. ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna, 29: 25-29. 1987.
- GALVAO, J.D.; BRANDAO, S.S. & GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos e sobre o peso médio das espigas de milho. *Experientiae*. Viçosa, 9: 39-82. 1969.
- GODOY JUNIOR, C. & GRANER, E.A. Culturas da Fazenda Brasileira. 4ª ed. São Paulo, Melhoramentos. 1967. 461 p.
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. 8ª ed. Piracicaba, Nobel. 1978, 430 p.
- GOMES, F.P. & CAMPOS, H. de. Resultados de ensaios de adubação. In: Cultura e adubação do milho. São Paulo. Instituto Brasileiro de Potassa. 1966. p. 429-49.
- GRASSI, C.J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos - Criterios e procedimientos. Mérida, Venezuela. CIDIAT. 1968. 96p.

- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays*, L.). *Agronomy Journal*, Madison, 55: 487-92. 1963.
- HANWAY, J.J. How a corn plant develops? Iowa State University of Science and Technology - Cooperative Extension Services. Ames, Iowa. 1971 (Special Report, 48)
- HARGREAVES, G.H. Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. Utah, Utah State University - Dept. of Agric. and Irrigation Engineering. 1974. 55 p.
- HILLEL, D. Soil and Water - Physical Principles and Processes, 3<sup>rd</sup> ed. New York, Academic Press, 1971.
- HILLEL, D. The field water balance and water use efficiency. In: *Optimizing the Soil Environment Toward Greater Crop Yields*. New York, Academic Press, 1972. p. 79-100.
- HILLEL, D.; KRENTOS, D. & STALIANOU, Y. Procedure and test of internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics "in situ", *Soil Sci, Soc, Proc.* 114 (5): 395-400. 1972.
- IAPAR - Fundação Instituto Agronômico do Paraná. *Uso de fertilizantes na agricultura paranaense*. Londrina. 1980. 67p.
- IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. *Cultivo do milho*. Recife-PE. fevereiro/83. 4p. (Instruções

técnicas, 6)

ISHIMURA, I.; SAWAZAKI, E.; IGUE, T. & NODA, M. Práticas culturais na produtividade de milho verde. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, 19 (2): 201-6. 1984.

LOPES, A.S. Uso e Manejo de Insumos Agrícolas. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VARZEAS, 1º, Jaboticabal - SP, 1984. Anais... Jaboticabal. FCAV/FUNEP. p. 261-62.

MACEDO, P.T. de; ALMEIDA, D.L. de & EIRA, P.A. da. Adubação mineral de milho no Estado do Rio de Janeiro no ano agrícola 1971/72. In: REUNIAO BRASILEIRA DO MILHO, 9ª, Recife - PE, 1972. Anais... Recife. MA/UFRP/SUDENE/SAG/ANCARDE/CARE/DNOCS/AEAP/USAID. p. 90-7.

MAGALHAES, C.A. de & CASTRO, P.T. Determinação do Coeficiente de Cultura (kc) do Pimentão (*Capsicum annum*, L) através do Balanço Hídrico. *Cienc. Agron. Fortaleza*, 14 (1-2) 107-13. 1983.

MALAVOLTA, E; HAAG, H. P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas.* São Paulo, Pioneira. 1974. 752 p.

MANTEL, A. & BIELORAI, H. Irrigation of Forage Crops. In: *Arid Zone Irrigation.* New York, B. Yaron, E. Danfors and Vaadia. 1973. 429 p.



- MARINATO, R. Irrigação em Milho. In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 6 (72): 42-45. 1980.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCH, SUTILI, V.R. Evapotranspiração do milho (*Zea mays*, L) e sua relação com a evaporação do Tanque Classe A. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 17 (2): 273-96. 1981.
- MILLAR, A.A. Efecto del deficit de agua en diversos periodos del ciclo de crecimiento sobre los rendimientos de algunos cultivos. Petrolina, MINTER/IICA, 1973. 31 p.
- MONTEIRO, M.A.R. Efeitos de níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação no rendimento do milho verde (*Zea mays*, L). Campina Grande - PB, UFPB. 1984. 78 p. (Tese de Mestrado).
- NELSON, L.G. ----- . In: Advances in Agronomy. New York. Academic Press, 8:32-375. 1956.
- NOVAIS, R.F. de. Comportamento de dois milhos híbridos (*Zea mays*, L. cultivares AG 206 e H 6999B) em três densidades de plantio e três níveis de nitrogênio. Viçosa, UFV. 1970. 63p. (Tese de Mestrado).
- OLIVEIRA, C.R. de. Operação e manejo da irrigação no Perímetro de Sumé - PB. Campina Grande - PB, UFPB. 1986. 77 p. (Tese de Mestrado).
- OMETO, J.C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo, Ceres. 1981.440p.

- QUEIROZ, M.A.; ARAUJO, J.P.; SOBRINHO, A.T.; LOPES, L.H.O. & NASPOLINI, V. Estudo do potencial de milho em oxisol irrigado. Resumo de atividades de pesquisa. Petrolina - PE, CPATSA. 1 (1): 82-4. 1977.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U. & ZEVALLOS, A.C. Dinâmica da água em solos cultivados com milho. Piracicaba - SP, CENA. 1979. 16 p (CENA, Boletim).
- RICHARDSON, G.W. & RITCHIE, J.T. Soil water balance for small watersheds. Transactions of the ASE. 16 (1) 72-7. 1973.
- ROSE, C.W. & STERN, W.R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as function of depth and time. Aus. Jour. Soil Res. 5: 11-9. 1967.
- RUNGE, E.C.A. Effects of rainfall and temperature interactions during the growing season on corn yield. Agronomy Journal. Madison, 60: 503-7. 1968.
- SA JUNIOR, J.P.M.; ARAUJO, S.M.C. de; ALMEIDA, L.M. de & VASCONCELOS, A.L. Adaptação de sugestões de adubação com base no método de Cate e Vettori, a resultados de experimentos de campo realizados no Nordeste do Brasil. Pesq. Agrop. Nord. Recife, 6 (1): 125-40, jan/jun. 1974.
- SANTOS, M.X. dos; TIMOTEO SOBRINHO, A.; NASPOLI. Milho Centralmex, nova Cultivar para o Nordeste, Petrolina - PE.

- EMBRAPA/CPATSA. 1982. 2 p. (EMBRAPA/CPATSA, Comunicado Técnico, 7).
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T. de & BEZERRA, F.M.L. Uso consuntivo da cultura do milho, sob condições naturais de precipitação, na microrregião homogênea de Quixeramobim. *Ciência Agrônômica*. Fortaleza, 16 (2): 41-7, dez. 1985.
- SAWAZAKI, E.; POMMER, C.V. & ISHIMURA, I. Avaliação de cultivares de milho para utilização no estado de verde. *Ciência e Cultura*. São Paulo, 31: 1297-302, 1979.
- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS (SNLCS). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. 1979.
- SHAW, R.H. Climatic Requirement. In: CORN and corn improvement. Madison, American Society Agronomy, 1977. p. 591-617.
- SILVA, A.S. da; SILVA, M.A. da; SOUZA, F. de; KIDMAN, D.C. & NUNES, R.F. de M. Interação entre umidade do solo, nitrogênio e densidade de plantio na produção do milho. Resumo de atividades de pesquisa. Petrolina - PE, CPATSA. 2: 161-3. 1977.
- STONE, L.R; HORTON, M.L. & OLSON, P.C. Water Losses from an Irrigated Sorghum Field: II - Evapotranspiration an Root Extraction, *Agronomy Journal*, Madison. 65:496-97. 1973.

- STUTLER, et alii. Corn yield functions /of irrigation and nitrogen in Central America. Irrigation Science. Dept. of Agric. and Irrig. Engineering, Utah, State Univ., Logan, USA. 2 (2) 79-88. 1981.
- TISDALE, S.T.; NELSON, W.L. & ELCH, C.D. Sources of nitrogen in crop production. North Carolina Agricultural Experiment Station. 1952. 62 p. (Bulletin, 96).
- VALDIVIESO, C.R.; CORDEIRO, G.G. & PONTES, P.D. Drenagem subterranea no Perímetro Irrigado de Bebedouro I: Estudo de lençol freático. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7º Brasília - D.F., 1986. Anais... Brasília. ABID. 1986. v.1. p. 621-33.
- VASIC, G. & VIDENOVIC, Z. The role of water and fertilizers in yield formation of maize. Agrohmiija, Institut Zakukuruz, Zemun, Yugoslávia, (3-4): 87-96. 1980.
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Does transpiration decrease as the soil moisture decrease? Transaction American Geographic Union. 36: 425-48, 1955.
- WINTER, E.J. A água, o solo e a planta. Traduzido por KLAUS REICHARDT e PAULO C. LIBARDI. São Paulo, EPU, Ed. da Univ. de São Paulo. f 1976. 170 p.
- ZSCHEISCHLER, J. Nitrogen fertilization of maize. Soil and fertilizers. 44 (2) 464-6, 1977. (Abstracts 933-1782).

A N E X O

## QUADRO I - Descrição do perfil do solo da área experimental \*

(continua)

HORIZONTE	PROFUNDIDADE (cm)	DESCRIÇÃO
Ap	0 - 7	Bruno acinzentado escuro a bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3,5/2, U); franco forte, média a grande, blocos angulares extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; muitos poros pequenos; transição abrupta e plana.
II C <sub>1</sub>	7 - 20	Bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido amassado); franco moderada, média, blocos angulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; muitos poros pequenos; transição abrupta e plana.
III C <sub>2</sub>	20 - 62	Cinzento muito escuro (10 YR 3/1, U), bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido amassado); franco argilo moderada, média, blocos angulares, cerosidade fraca comum; poros muito pequenos; extremamente duro, firme plástico e pegajoso; transição plana e clara.

(conclusão)

HORIZONTE	PROFUNDIDADE (cm)	DESCRICAÇÃO
IV C <sub>3</sub>	62 - 88	Cinzento muito escuro (10 YR 3/1, U), argiloso fraca a moderada, média, bloco angulares; cerosidade moderada comum, sem poros visíveis, extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

\* Descrito e coletado por: Carlos Roberto de Lima Ramos<sup>(1)</sup> e Marcos Firmino<sup>(2)</sup> em 10/85.

- OBS.:
- Raízes muito finas no Ap, IIC<sub>1</sub>, IIIC<sub>2</sub>, poucas finas no IVC<sub>3</sub>.
  - Reação a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> violeta no Ap, IIC<sub>1</sub> e IIIC<sub>2</sub> e forte no IVC<sub>3</sub>.
  - Os horizontes IIIC<sub>2</sub> e IVC<sub>3</sub> apresenta estrutura com aspecto maciço "in situ".
  - Lençol freático a 100 cm de profundidade da superfície do solo.

<sup>(1)</sup> - Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc. - Pesq./INPE - Campina Grande (PB).

<sup>(2)</sup> - Eng<sup>o</sup> Químico, M.Sc. - Prof. DEAg/UFPB - Campina Grande (PB)

QUADRO II - Características físicas e químicas do solo da área experimental.

(continua)

HORIZONTE	Ap	IIC <sub>1</sub>	IIIC <sub>2</sub>	IVC <sub>3</sub>
PROFUNDIDADE (cm)	0-7	7-20	20-62	62-88
Composição granulométrica (%)				
Areia	42,19	36,89	42,32	19,92
Silte	38,14	40,97	23,73	37,89
Argila	19,67	22,14	33,95	42,19
Classificação Textural				
	Franco	Franco	Franco Argiloso	Argiloso
Densidade				
Aparente	1,31	1,31	1,34	1,38
Real	2,66	2,51	2,55	2,75
Porosidade (%)	50,75	47,81	47,52	49,82
Constantes Hídricas (cm <sup>3</sup> . cm <sup>-3</sup> )				
Umidade natural	3,09	3,86	2,64	3,96
Umidade equivalente	21,78	22,42	21,81	25,05
Capacidade de campo	28,31	34,90	34,17	37,50
Ponto de murcha	14,81	13,87	15,54	18,19



(conclusão)

HORIZONTE	Ap	IIC <sub>1</sub>	IIIC <sub>2</sub>	IVC <sub>3</sub>
PROFUNDIDADE (cm)	0-7	7-20	20-62	62-88

## Complexo Sortivo (meq/100g)

Cálcio	1,84	12,38	20,08	14,62
Magnésio	8,21	7,63	11,16	10,38
Sódio	0,40	0,60	5,60	7,60
Potássio	1,28	0,50	0,27	0,25
Valor S	21,73	21,11	37,11	32,85
Hidrogênio	0	0	0	0
Alumínio	0	0	0	0
Valor T	21,73	21,11	37,11	32,85

## Carbonato de Cálcio

Qualitativo	Ausencia	Ausencia	Presença	Presença
Carbono Orgânico (%)	1,09	0,75	0,79	0,47
Materia Orgânica (%)	1,87	1,29	1,36	0,80

Fosforo Assimilável  
(mg/100g)

	3,55	3,51	2,99	3,10
--	------	------	------	------

## pH (1:2,5)

Água	7,8	8,1	8,2	8,7
------	-----	-----	-----	-----

## CE (mmhos/cm)

(suspensão solo-água)	0,23	0,19	0,62	0,47
-----------------------	------	------	------	------

QUADRO III - Características da água utilizada nas irrigações.

---

CE ( $\mu$ mhos a 25°C)	448
pH	7,8
Cálcio (meq/l)	2,00
Magnésio (meq/l)	1,62
Sódio (meq/l)	0,40
Potássio (meq/l)	0,13
Carbonatos (meq/l)	0,20
Bicarbonatos (meq/l)	1,75
Cloretos (meq/l)	2,75
Sulfatos (meq/l)	presença
RAS Aj (meq/l)	0,51
Classe de água	C <sub>2</sub> (salinidade média)

---

QUADRO IV- Valores de Gradiente de potencial total, armazenamento e fluxos de água e da condutividade hidráulica não saturada em função das profundidades e períodos de drenagem estudados.

(dias)	(cm)	(cm.c.a)		-1 (cm.cm)		3 -3 (cm . cm)		(cm)	(cm/dia)	
t	Prof.	$\psi$	$\psi$	$\Delta\psi/\Delta Z$		$\theta$		$\Delta ARM$	q	$K<\theta$
30/12 a 31/12 (09:05 a 07:00)										
0,917	10	-1011,06	-1170,42	-1090,74	--	0,2575	0,2486	--	--	--
	30	- 936,10	- 967,00	- 951,55	- 6,96	0,2685	0,2666	5,260	5,152	0,118
	60	- 587,46	- 622,49	- 604,97	-11,55	0,3310	0,3269	14,253	14,055	0,216
	90	- 556,30	- 564,91	- 560,61	- 1,48	0,3390	0,3378	24,303	24,026	0,302
31/12 a 02/01 (07:00 a 14:30)										
2,313	10	-1170,42	-1320,42	-1245,50	--	0,2486	0,2415	--	--	--
	30	- 967,00	-1115,95	-1014,48	-10,20	0,2666	0,2584	5,152	4,999	0,066
	60	- 622,49	- 668,08	- 645,29	-13,21	0,3269	0,3220	14,055	13,705	0,151
	90	- 564,91	- 596,29	- 567,10	- 2,61	0,3378	0,3372	24,026	23,593	0,187
02/01 a 07/01 (14:30 a 07:20)										
4,701	10	-1320,58	-1738,40	-1529,49	--	0,2415	0,2261	--	--	--
	30	-1115,95	-1154,46	-1135,21	-19,71	0,2584	0,2565	4,999	4,826	0,037
	60	- 668,08	- 709,64	- 688,86	-14,88	0,3220	0,3179	13,705	13,442	0,056
	90	- 596,29	- 581,95	- 575,62	- 3,77	0,3372	0,3355	23,593	23,243	0,074
07/01 a 15/01 (07:20 a 10:10)										
8,118	10	-1738,40	-1941,39	-1839,90	--	0,2261	0,2202	--	--	--
	30	-1154,46	-1194,64	-1174,55	-33,27	0,2565	0,2546	4,826	4,748	0,0096
	60	- 709,64	- 735,55	- 722,60	-15,07	0,3179	0,3155	13,442	13,300	0,0175
	90	- 581,95	- 595,80	- 595,88	- 4,46	0,3355	0,3337	23,243	23,038	0,253
15/01 a 25/01 (10:10 a 09:50)										
9,986	10	-1941,39	-2001,46	-1971,43	--	0,2202	0,2186	--	--	--
	30	-1194,64	-1205,50	-1200,07	-38,57	0,2546	0,2541	4,748	4,727	0,0021
	60	- 735,55	- 742,21	- 738,88	-15,37	0,3155	0,3149	13,300	13,262	0,0038
	90	- 595,80	- 624,08	- 609,94	- 4,30	0,3337	0,3302	23,038	22,939	0,0099
K 10-30 = 1,7541.10										
K 30-60 = 1,2644.10										
K 60-90 = 1,0104.10										
r = 0,9599      r = 0,9215										
r = 0,9228      r = 0,8516										
r = 0,9991      r = 0,9982										

QUADRO V - Dados climaticos \* registrados durante o periodo experimental

MESES DIAS	NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO			
	P	Ev	T	UR	P	Ev	T	UR	P	Ev	T	UR
01	-	6,72	26,6	52,0	-	9,04	25,4	50,0	-	7,50	25,6	50,0
02	-	8,06	25,3	53,0	-	8,94	25,9	47,0	-	7,84	27,3	47,0
03	-	7,18	25,8	56,0	-	9,10	27,5	57,0	8,20	6,40	27,5	66,0
04	-	8,66	26,9	55,0	-	9,20	26,8	52,0	-	8,10	27,1	56,0
05	-	5,00	26,3	53,0	-	6,18	26,1	50,0	-	7,94	27,3	61,0
06	-	9,08	23,6	41,0	-	4,98	25,7	50,0	-	8,60	26,2	61,0
07	-	7,39	27,3	55,0	-	3,00	25,6	58,0	-	7,30	26,2	61,0
08	-	8,38	25,7	49,0	-	3,92	24,9	57,0	-	7,78	26,1	59,0
09	-	8,20	26,1	55,0	-	5,50	24,9	56,0	-	4,54	27,4	68,0
10	-	9,20	24,5	51,0	-	7,34	24,9	58,0	-	7,26	26,4	56,0
11	-	8,06	24,2	48,0	-	7,26	25,7	57,0	-	8,94	26,4	60,0
12	-	8,42	22,8	43,0	-	5,40	25,6	55,0	-	8,74	25,5	54,0
13	-	8,48	24,8	40,0	2,20	3,88	24,4	66,0	-	7,82	26,2	51,0
14	-	7,02	24,7	55,0	52,60	4,85	25,0	67,0	-	8,62	27,0	55,0
15	-	8,10	25,7	49,0	-	5,82	24,4	59,0	-	8,38	27,1	57,0
16	-	8,96	25,1	44,0	-	7,08	25,1	55,0	-	8,54	26,1	53,0
17	-	8,46	25,0	48,0	-	7,94	27,3	58,0	-	8,64	25,8	55,0
18	-	8,32	25,7	46,0	0,80	7,36	27,2	60,0	-	8,00	24,1	50,0
19	-	8,78	26,5	52,0	-	3,12	25,6	63,0	-	7,74	24,3	50,0
20	-	7,50	26,3	60,0	-	6,08	23,3	55,0	-	8,50	24,9	53,0
21	-	7,88	26,0	49,0	-	8,70	24,3	42,0	-	8,54	25,4	43,0
22	-	8,56	25,8	50,0	-	9,58	26,3	49,0	-	3,92	27,2	50,0
23	-	8,04	25,2	52,0	4,20	6,60	26,9	60,0	2,40	7,52	24,0	57,0
24	-	8,16	25,4	48,0	2,20	7,72	25,7	62,0	-	8,76	24,1	50,0
25	-	8,02	26,1	51,0	-	7,44	26,0	50,0	-	9,24	25,0	50,0
26	-	8,66	26,5	48,0	-	9,26	26,2	48,0	-	6,58	24,3	45,0
27	-	8,80	25,8	52,0	-	6,06	26,4	63,0	-	5,48	24,0	60,0
28	-	8,90	27,4	50,0	-	6,02	25,0	58,0	-	5,50	26,9	57,0
29	-	8,30	27,7	50,0	-	6,62	25,6	54,0	-	5,70	25,5	57,0
30	-	8,20	25,5	51,0	-	9,40	26,7	55,0	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	6,02	26,0	62,0	-	-	-	-
MEDIA	0,00	8,12	25,7	50,2	12,40	6,76	25,7	55,9	5,30	7,53	25,9	55,1

\*  
P = precipitacao (mm)  
Ev = evaporacao do tanque Classe "A" (mm)  
T = temperatura media do ar (oC)  
UR = umidade relativa do ar (%)

QUADRO VI - Resumo da Análise de Variância relativa aos parâmetros analisados de crescimento, desenvolvimento e produção do milho sob diferentes níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação, adotando-se o delineamento estatístico do tipo fatorial (4X3 com 2 repetições).

(continua)

-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	QM	F
-----	-----	-----
<b>A.1. Altura de Planta aos 15 dias após o plantio</b>		
Lâminas (I)	15,28042	4,15925 NS
Nitrogênio (N)	5,35708	1,45817 NS
Interação (I X N)	3,42042	0,93102 NS
Resíduo	3,67384	
CV = 11,46%		
<b>A.2. Altura da Planta aos 20 dias após o plantio</b>		
Lâminas (I)	9,37042	0,42505 NS
Nitrogênio (N)	20,18944	0,91581 NS
Interação (I X N)	3,76058	0,17058 NS
Resíduo	22,04555	
CV = 16,77 %		
<b>A.3. Altura da Planta aos 27 dias após o plantio</b>		
Lâminas (I)	6,14000	0,89565 NS
Nitrogênio (N)	45,09056	6,57741 *
Interação (I X N)	44,95556	6,55771 **
Resíduo	6,85537	
CV = 6,57%		
<b>A.4. Altura da Planta aos 34 dias após o plantio</b>		
Lâminas (I)	36,28292	0,67071 NS
Nitrogênio (N)	18,36264	0,33944 NS
Interação (I X N)	63,22681	1,16878 NS
Resíduo	54,09643	
CV = 10,28%		
<b>A.5. Altura da Planta aos 41 dias após o plantio</b>		
Lâminas (I)	893,24667	3,28215 NS
Nitrogênio (N)	1062,31778	3,90339 *
Interação (I X N)	211,72444	0,77796 NS
Resíduo	272,15260	
CV = 14,96%		

(continua)

-----	-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	QM	F	
-----	-----	-----	-----
<b>A.6. Altura da Planta aos 48 dias após o plantio</b>			
Lâminas (I)	749,71500	1,59100	NS
Nitrogênio (N)	164,32611	0,34868	NS
Interação (I X N)	400,39278	0,84969	NS
Resíduo	471,21093		
CV = 16,48%			
<b>A.7. Altura da Planta aos 69 dias após o plantio</b>			
Lâminas (I)	289,04165	0,95760	NS
Nitrogênio (N)	64,81943	0,21478	NS
Interação (I X N)	147,15278	0,48750	NS
Resíduo	301,82871		
CV = 10,53%			
<b>A.8. Altura da Planta aos 90 dias após o plantio</b>			
Lâminas (I)	177,51043	0,87342	NS
Nitrogênio (N)	72,73264	0,35787	NS
Interação (I X N)	196,64930	0,96760	NS
Resíduo	203,23500		
CV = 8,08%			
<b>B. Número de Espigas Comerciais/ha (<math>\sqrt{y}</math>)</b>			
Lâminas (I)	233,55689	2,95169	NS
Nitrogênio (N)	77,61274	0,98090	NS
Interação (I X N)	147,56723	1,86499	NS
Resíduo	79,12625		
CV = 4,76%			
<b>C. Índice de Espigas por planta</b>			
Lâminas (I)	0,05786	3,21660	NS
Nitrogênio (N)	0,02085	1,15899	NS
Interação (I X N)	0,03618		
Resíduo	0,01799		
CV = 10,08%			

(conclusão)

-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	QM	F
-----	-----	-----
D. Rendimento de espigas com palha		
Lâminas (I)	0,92463	0,25540 NS
Nitrogênio (N)	14,14845	3,90910 *
Interação (I X N)	1,63479	0,45149 NS
Resíduo	3,61932	
CV = 13,54%		
E. Rendimento de espigas sem palha		
Lâminas (I)	1,96515	1,36980 NS
Nitrogênio (N)	3,70086	2,57958 NS
Interação (I X N)	1,15680	0,80630 NS
Resíduo	1,43468	
CV = 16,80%		
F. Percentagem de empalhamento (arc sen $\sqrt{y\%/100}$ )		
Lâminas (I)	17,63375	1,79289 NS
Nitrogênio (N)	35,30722	3,58990 NS
Interação (I X N)	10,48264	1,06578 NS
Resíduo	9,83537	
CV = 7,05%		
-----	-----	-----

QUADRO VII - Análise de Variância relativa à altura de planta do milho, durante seu ciclo fenológico, utilizando-se o delineamento do tipo blocos ao acaso.

(continua)

-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>A. 14/11/85 - 15 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	40,49201	8,09842	2,70089	NS
Tratamentos	3	16,07125	5,35708	1,78660	NS
Resíduo	15	44,97625	2,99842		
Total	23	101,53958			
$\bar{X}$ = 16,72			CV = 10,36%		
<b>B. 19/11/85 - 20 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	75,01333	15,00267	0,95540	NS
Tratamentos	3	60,56833	20,18944	1,28555	NS
Resíduo	15	235,55667	15,70378		
Total	23	371,13833			
$\bar{X}$ = 27,99			CV = 14,16%		
<b>C. 26/11/85 - 27 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	44,37500	8,87500	0,42260	NS
Tratamentos	3	135,27667	45,09056	2,14699	NS
Resíduo	15	315,01833	21,00122		
Total	23	494,66500			
$\bar{X}$ = 39,83			CV = 11,51%		



(continua)

-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>D.            03/12/85 - 34 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	188,81875	37,76375	0,71860	NS
Tratamentos	3	55,08791	18,36264	0,34939	NS
Resíduo	15	788,22959	52,54864		
Total	23	1032,136255			
$\bar{X}$ = 71,55			CV = 10,13%		
<b>E.            10/12/85 - 41 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	2405,49334	481,09867	2,21440	NS
Tratamentos	3	3186,95334	1062,31778	4,88968	*
Resíduo	15	3258,82666	217,25511		
Total	23	8851,27334			
$\bar{X}$ = 110,28			CV = 13,37%		
<b>F.            17/12/85 - 48 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	1930,37500	386,07500	0,89250	NS
Tratamentos	3	492,97833	164,32611	0,37990	NS
Resíduo	15	6488,39167	432,55940		
Total	23	8911,74500			
$\bar{X}$ = 131,73			CV = 15,79%		
<b>G.            07/01/86 - 69 dias após o plantio</b>					
Blocos	5	1420,70830	284,14166	1,31070	NS
Tratamentos	3	194,45830	64,81943	0,29900	NS
Resíduo	15	3251,79174	216,78612		
Total	23	4866,95834			
$\bar{X}$ = 164,96			CV = 8,93%		

(conclusão)

-----	-----	-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
-----	-----	-----	-----	-----
H.	29/01/86 - 90 dias após o plantio			
Blocos	5	1039,80210	207,96042	1,15349 NS
Tratamentos	3	218,19793	72,73264	0,40340 NS
Resíduo	15	2704,23956	180,28264	
Total	23	3962,23959		
$\bar{X}$ =	176,35		CV =	7,61%

QUADRO VIII - Análise de Variância relativa ao número de espigas comerciais/ha ( $\sqrt{y}$ )

-----	-----	-----	-----	-----
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
-----	-----	-----	-----	-----
Blocos	5	601,06358	120,21272	1,1631 NS
Tratamentos	3	232,83821	77,61274	0,7509 NS
Resíduo	15	1550,30589	103,35373	
Total	23	2384,20768		
$\bar{X}$ =	187,00		CV =	4,71%

-----

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade  
 NS = não significativo

QUADRO IX - Análise de Variância relativa ao índice de espigas por planta.

FONTE DE VARIACAO	GL	SD	DM	F
Blocos	5	0,13740	0,02748	1,13650 NS
Tratamentos	3	0,06255	0,02085	0,86230 NS
Resíduo	15	0,36270	0,02418	
Total	23	0,56265		

$$\bar{X} = 1,33$$

$$CV = 10,86\%$$

QUADRO X - Análise de Variância conjunta relativa ao rendimento das espigas comerciais com palha.

FONTE DE VARIACAO	GL	SD	DM	F
Blocos	5	23,86863	4,77373	2,78010 NS
Tratamentos	3	42,44535	14,14845	8,23980 *
R. Linear	1	1,09825	1,09825	0,63960 NS
R. Quadrática	1	30,33002	30,33002	17,66372 **
R. Cúbica	1	11,01708	11,01708	6,41617 *
Resíduo	15	25,75620	1,71708	
Total	23	92,07018		

$$\bar{X} = 14,05$$

$$CV = 9,33\%$$

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade  
 \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade  
 NS = não significativo

QUADRO XI - Análise de Variância conjunta relativa ao rendimento das espigas comerciais sem palha.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Blocos	5	11,86188	2,37238	2,86380 NS
Tratamentos	3	11,10258	2,70086	4,46750 *
R. Linear	1	1,91016	1,91016	2,30587 NS
R. Quadrática	1	9,15135	9,15135	11,04715 **
R. Cúbica	1	0,04107	0,04107	0,04958 NS
Resíduo	15	12,42592	0,82839	
Total	23	35,39038		

$$\bar{X} = 7,13$$

$$CV = 12,77\%$$

QUADRO XII - Análise de Variância conjunta relativa a percentagem de empalhamento das espigas comerciais ( $\arcsen \sqrt{y\% / 100}$ )

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Blocos	5	107,29500	21,45900	2,53480 NS
Tratamentos	3	105,92167	35,30722	4,17050 *
R. Linear	1	74,89200	74,89200	8,84632 **
R. Quadrática	1	0,42667	0,42667	0,05040 NS
R. Cúbica	1	30,60300	30,60300	3,61486 NS
Resíduo	15	126,98833	8,46589	
Total	23	340,20500		

$$\bar{X} = 44,48$$

$$CV = 6,54\%$$

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade  
 \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade  
 NS = não significativo

QUADRO XIII - Valores dos Parametros envolvidos no calculo dos fluxos ( $Q$ ) ocorridos durante o periodo considerado para o Balanco Hidrico.

(continua)

FRASES DO CICLO FENOLOGICO	REPETICAO	DIAS	Z (cm)	UMIDADE		K(θ) (cm/dia)	ψT		ψT̄ (cm.c.a)	ΔψT/ΔZ (cm.cm) <sup>-1</sup>	Q (mm)
				3 (cm)	-3 (cm)		(cm.c.a)	(cm.c.a)			
I	1	12/11 a 14/11	20	0,2636	0,2466	0,0135	- 927,32	-1220,46	-1073,89	+ 2,36	- 0,61
			30	0,2603	0,2584		-1079,02	-1115,95			
	4	13/11 a 14/11	20	0,2474	0,2406	0,0012	-1205,25	-1351,29	-1278,27	+ 3,49	- 0,04
			30	0,2480	0,2509		-1348,42	-1278,00			
II	1	11/12 a 13/12	20	0,2411	0,2199	0,0004	-1340,89	-1962,48	-1651,69	-41,42	+ 0,32
			30	0,2556	0,2499		-1173,28	-1301,75			
	4	11/12 a 12/12	20	0,2514	0,2435	0,0018	-1127,10	-1285,96	-1206,53	+10,04	- 0,17
			30	0,2509	0,2485		-1278,00	-1335,95			
	5	12/12 a 13/12	20	0,2476	0,2453	0,0065	-1200,23	-1247,41	-1223,82	-17,46	+ 1,12
			30	0,2612	0,2626		-1062,06	-1036,34			
	6	11/12 a 12/12	20	0,2487	0,2364	0,00,25	-1169,70	-1454,76	-1312,23	-17,60	+ 0,40
			30	0,2598	0,2551		-1088,59	-1183,90			
III	1	21/12 a 23/12	30	0,2589	0,2537	0,013	-1106,08	-1214,28	-1160,18	-19,97	+ 5,22
			60	0,3337	0,3349		- 565,80	- 556,52			
	4	22/12 a 23/12	30	0,2466	0,2410	0,00005	-1434,52	-1384,14	-1461,72	-21,16	+ 0,01
			60	0,3067	0,3090		- 818,46	- 841,71			
	1	30/12 a 01/01	60	0,3314	0,3296	0,1716	- 584,18	- 599,12	- 591,65	- 0,36	+ 1,38
			90	0,3390	0,3325		- 556,30	- 605,29			
	6	01/01 a 02/01	60	0,3132	0,3102	0,0005	- 761,54	- 797,26	- 779,40	- 4,68	+0,025
			90	0,3273	0,3296		- 648,95	- 629,12			

FASES DO CICLO FENOLOGICO	REPETICAO	DIAS	Z (CM)	UMIDADE		K(CD) (CM/dia)	ΨT (CM.C.A)	ΨT (CM.C.A)	ΔΨ/ΔZ -1 (CM.CM)	L- 0 (MM)
				3 (CM . CM)	-3					
IV	1	04/01 a 07/01	60	0,3296	0,3255	0,0892	- 599,12	- 635,08	- 617,10	
			90	0,3367	0,3349		- 572,97	- 586,52	- 579,75	- 1,25 + 3,26
	2	04/01 a 07/01	60	0,3331	0,3261	0,1836	- 570,52	- 629,64	- 600,08	
			90	0,3384	0,3355		- 560,58	- 581,95	- 571,27	- 0,96 + 5,18
IV	4	10/01 a 15/01	60	0,2914	0,2814	0,0000009	- 1077,93	- 1278,91	- 1178,42	
			90	0,3267	0,3249		- 654,27	- 670,59	- 662,43	- 17,20 + 0,001
	1	12/01 a 15/01	60	0,3284	0,3237	0,1499	- 609,36	- 651,78	- 630,57	
			90	0,3390	0,3402		- 556,30	- 547,88	- 552,09	- 0,92 + 4,17
IV	6	08/01 a 20/01	60	0,3196	0,3026	0,0001	- 692,01	- 897,92	- 794,97	
			90	0,3314	0,3231		- 614,18	- 687,47	- 650,82	- 4,80 + 0,06
	1	20/01 a 25/01	60	0,3184	0,3132	0,0056	- 704,39	- 761,54	- 732,97	
			90	0,3343	0,3355		- 591,13	- 581,95	- 586,54	- 4,88 + 1,37
IV	4	27/01 a 28/01	60	0,2885	0,2885	0,000003	- 1131,85	- 1191,55	- 1161,55	
			90	0,3214	0,3196		- 703,96	- 722,01	- 712,98	- 14,95 + 0,0001

M (I) fase de estabelecimento  
 (II) fase vegetativa  
 (III) fase de floração  
 (IV) fase de formação dos frutos

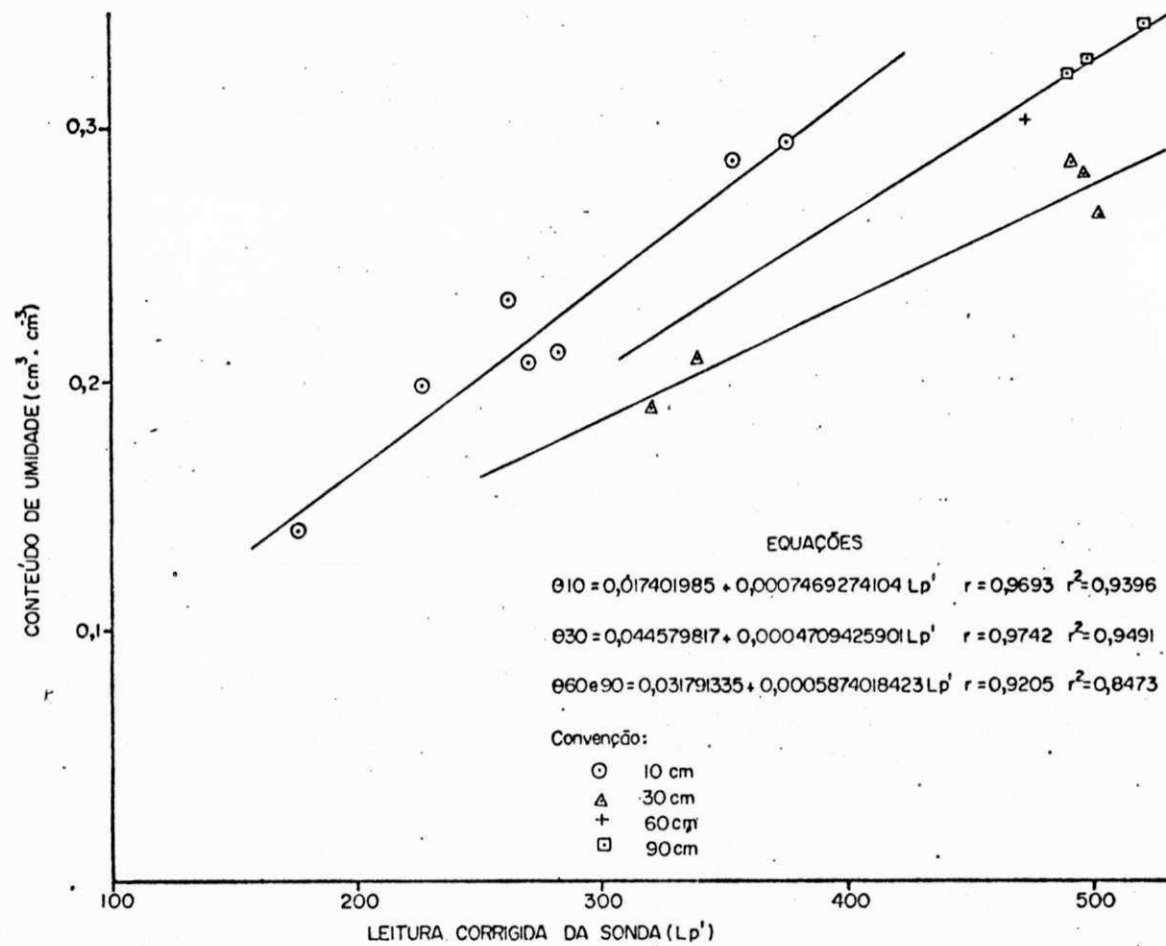


FIG. 1 - Curva de calibração da sonda de neutrons.

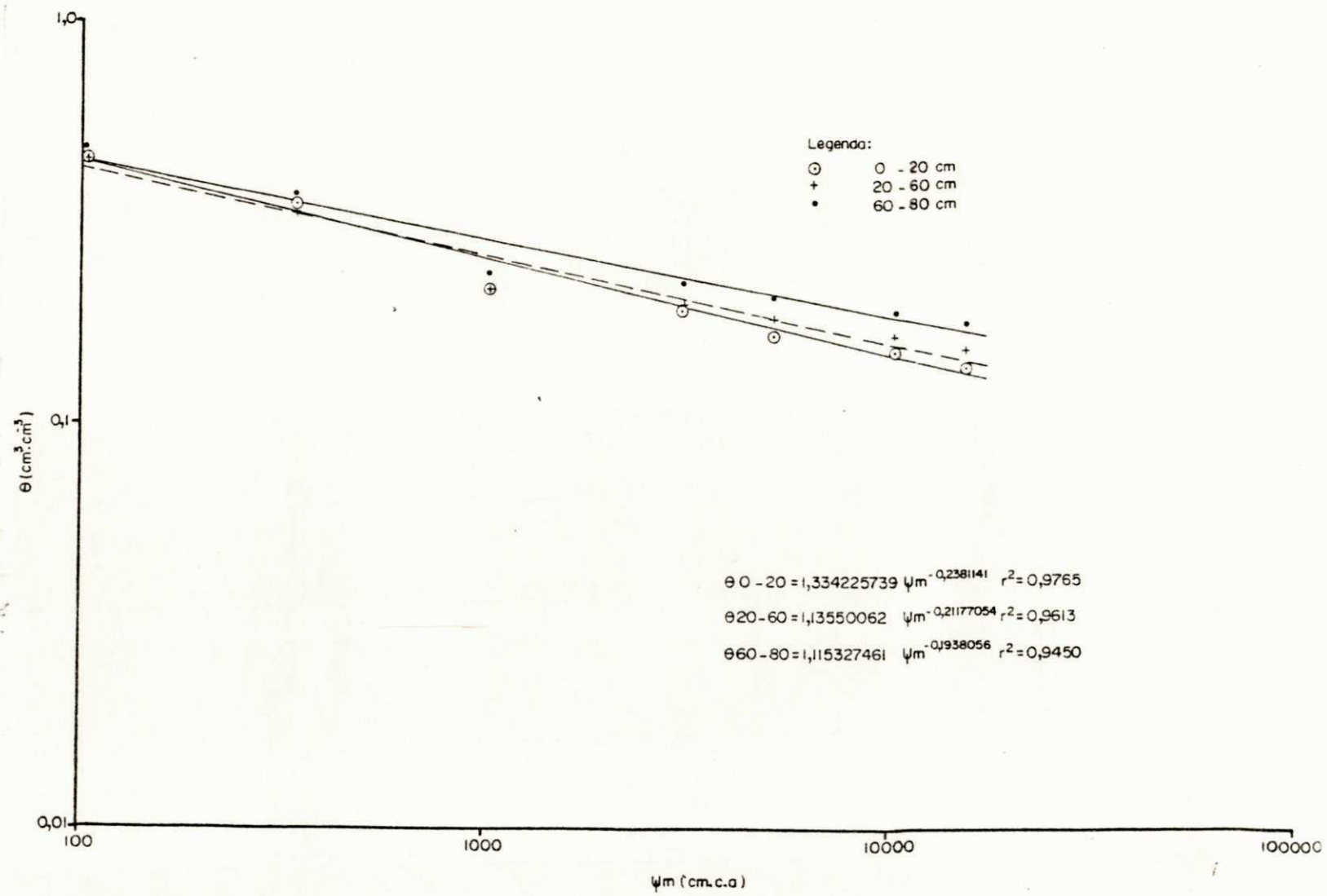


FIG. 2 - Curvas características de retenção de umidade para as profundidades estudadas.



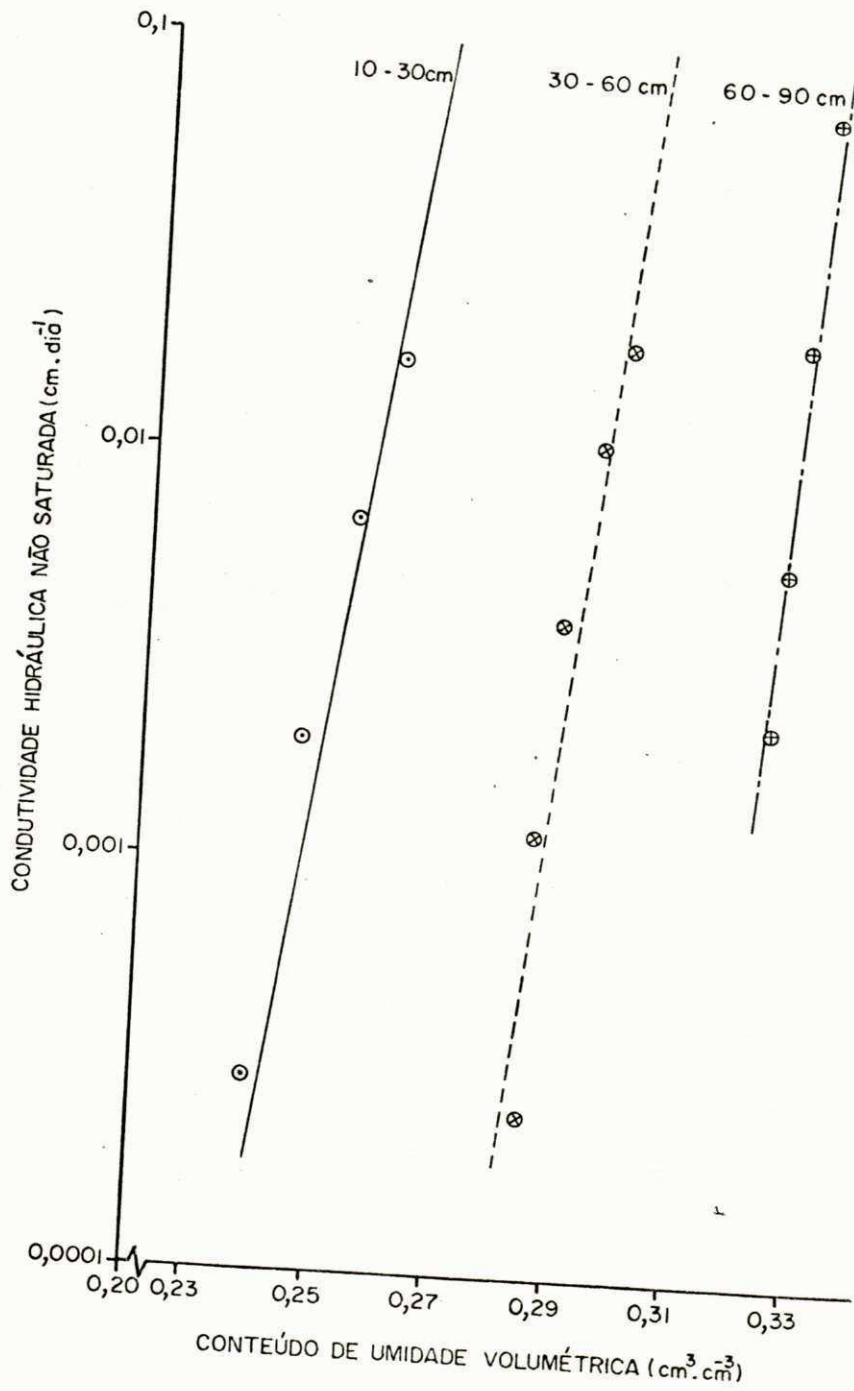


FIG. 3 - Condutividade hidráulica não saturada vs, umidade volumétrica, para os intervalos de profundidades estudados.