

Computador OK ✓

**IRRIGAÇÃO POR CÁPSULAS POROSAS III:
AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MÉTODO
POR PRESSÃO HIDROSTÁTICA¹**

Dinarte Aêda da Silva²
Aderaldo de Souza Silva³
Hans Raj Gheyi⁴

INTRODUÇÃO

A região Semi-Árida do Nordeste brasileiro, totalizando cerca de 850.000 km², com uma densidade demográfica de 14 hab/km² (Brasil.SUDENE 1977), representa 52% da superfície do Nordeste.

À semelhança de outras regiões Áridas e Semi-Áridas do mundo, apresenta grande potencial agrícola. A instabilidade climática, todavia, representada, principalmente, pela escassez e intermitência das chuvas tem sido a maior responsável pela incerteza das safras agrícolas.

Segundo o INCRA (1974), aproximadamente 84% do total das propriedades rurais possuem uma área menor do que 100 ha e ocupa 12% da área total da região. Estudos realizados nos 20 primeiros Núcleos do Projeto Sertanejo, classificam os agricultores de acordo com a posse da terra: 40% sem terra, 56% com pequenas propriedades e 4% com média e grande propriedades. Segundo dados do Brasil.SUDENE (1977), para análise de efeito das secas, 79% do total das famílias agrícolas do Nordeste, em estado de emergência, em 1970, correspondia aos dois primeiros estratos populacionais.

¹ Contribuição do Convênio SUDENE/CNPq/BID/EMBRAPA. Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada no CCT/UFPb

² Professor do Departamento Agropecuário da UFRN, Natal-RN.

³ Pesquisador em Manejo de Solo e Água para zonas áridas do CPATSA-EMBRAPA, Petrolina-PE.

⁴ Professor, Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFPb, Campina Grande-PB.

De acordo com Queiroz (1979), os pequenos agricultores da região Nordeste, normalmente, exploram um sistema de produção complexo envolvendo agricultura e pecuária, onde as espécies vegetais são, principalmente, culturas alimentares e culturas rentáveis em consorciação. A predominância dessas culturas alimentares exploradas, quase que, exclusivamente, em condições dependentes de chuva, correspondendo a 98% do valor total da produção, faz com que, em anos de seca, a economia da região semi-árida seja drasticamente afetada e que os mais atingidos pelos seus efeitos sejam os pequenos produtores (Brasil.SUDENE 1977; Brasil.MINTER.GEIDA 1970).

Os recursos hídricos disponíveis, anualmente no Nordeste, totalizam 24.000.000.000 m³, sendo 20.000.000.000 armazenados superficialmente, (Rebouças e Marinho 1972), e 4.000.000.000 de reserva subterrânea (Pontes 1975). Por outro lado, existem 70.000 açudes, sendo 257 públicos, armazenando 11.496.702.000 m³ (Guerra 1975 e 1980), 15.000 poços profundos, já perfurados (Rebouças e Marinho 1972), possibilitando a sobrevivência de mais de 3.000.000 de pessoas através da exploração agrícola das áreas circunvizinhas a esses reservatórios, mesmo nos anos de seca intensa.

As considerações expostas, anteriormente, evidenciam dois problemas: o primeiro, ocasionado pela predominância de pequenos agricultores, explorando culturas alimentares susceptíveis aos efeitos das secas, associados a uma grande concentração de minifúndios e, o segundo, pela existência de recursos hídricos ainda subexplorados em sua totalidade. Grande parte dos problemas já estão sendo reduzidos através de projetos desenvolvidos pelos Órgãos Governamentais e empresas particulares por meio da irrigação convencional, que é uma das alternativas mais promissoras para as regiões áridas, quando se pretende aumentar a produtividade dos cultivos e reduzir-se a pressão social (Israelsen e Hansen 1973).

Segundo Goldberg (1974), as limitações práticas da irrigação convencional por gravidade com sua variáveis consistem, basicamente, na baixa eficiência de irrigação, estimada entre 20 e 30% nos países subdesenvolvidos do mun

do. Devido à baixa eficiência neste tipo de irrigação, maior volume de água é requerido e há necessidade de estruturas de bombeamento mais amplas, maior capacidade dos canais de distribuição e um eficiente sistema de drenagem (Michael, Mohan e Swaminathan 1972).

"A irrigação atual desenvolvida no Nordeste, segundo Gomes (1979) tem levado, em pequena conta, os interesses e aspirações da população mais pobre do campo, entretanto esta não pode gerar desconfiança quanto às possibilidades teóricas da irrigação como uma estratégia para a solução de parte dos problemas da agricultura Nordestina."

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) visando solucionar parte do problema, vem desenvolvendo o método de "irrigação por cápsulas porosas", o qual utiliza matéria prima e mão-de-obra regionais, de fácil manejo, alta eficiência de uso de água e auto-regulável, apresentando possibilidade de estabilizar e/ou incrementar as produções agrícolas, principalmente as culturas de subsistência em pequenas áreas.

Os primeiros estudos básicos sobre o desenvolvimento do método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob tensão (sucção), foram realizados no México, inicialmente por Olguin (1975). Durante os últimos anos efetuaram-se estudos de evapotranspiração (Santos 1977), eficiência de uso de água em morango (Garcia 1977), uso de água salina em tomate, feijão e trigo (Morales 1978) e desenvolvimento de um modelo matemático (Rendon 1979). Todos estes trabalhos foram pesquisados em pequenas parcelas e em casa de vegetação.

Avaliando o método de irrigação por cápsulas porosas sob tensão Rendon (1979) observou que a condutividade hidráulica da cápsula porosa diminui. Esta redução, durante o decorrer do experimento, constituiu-se na principal desvantagem para se continuar desenvolvendo o método. Diante do problema, sugeriu-se o uso de cápsulas mais porosas e que se trabalhasse sob diferentes gradientes de tensão e pressão.

Silva et al. (1978) e Silva, Santos & Magalhães (1978) introduziram o método de irrigação por cápsulas porosas

no Trópico Semi-Árido Nordestino, iniciando a adaptação do mesmo às condições sócio-econômicas e naturais da região.

A cápsula porosa é o principal elemento do sistema. Para efeito de comparação e evolução dos estudos no CPATSA, a cápsula trazida do México continha quatro orifícios, sendo dois superiores e dois inferiores, fabricada de argila pura, não expansível, queimada a 850°C, capacidade para 600 cc de água e uma porosidade de 18%, Santos (1977) e Silva, Santos & Magalhães (1978). A cápsula atual é confeccionada com uma mistura de materiais plásticos e elásticos, queimada a 1.120°C, capacidade de 700 cc, resistência mecânica de 5 kg/cm² e uma porosidade de 21%, com dois bicos conectores na parte superior, Silva et al. (1980).

As modificações realizadas na cápsula original ofereceram uma série de vantagens, tais como: condutividade hidráulica superior, permitindo uma liberação média diária por unidade de 5 litros, possibilidade de queima a 1.120°C, implantação de linhas com 100 m de comprimento, facilidade de conexão e redução dos custos de implantação com a eliminação de uma mangueira.

Com base no exposto, estudou-se o método de irrigação por cápsulas porosas como alternativa para implantação da pequena irrigação, em regiões com pouca disponibilidade d'água, em pequenas áreas onde pequenos e médios produtores exploram, basicamente, culturas alimentares. O trabalho consiste em caracterizar o método sob diferentes condições de pressão hidrostática e em escala operacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Campo Experimental de Bedouro do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) em Petrolina, PE, de 6 de setembro de 1979 a 18 de janeiro de 1980.

De acordo com Pereira & Souza (1968), o solo da área experimental é da série dos "Latosolos", unidade 37 AB, cujas características físico-hídricas foram descritas por Choudhury & Millar (1979).

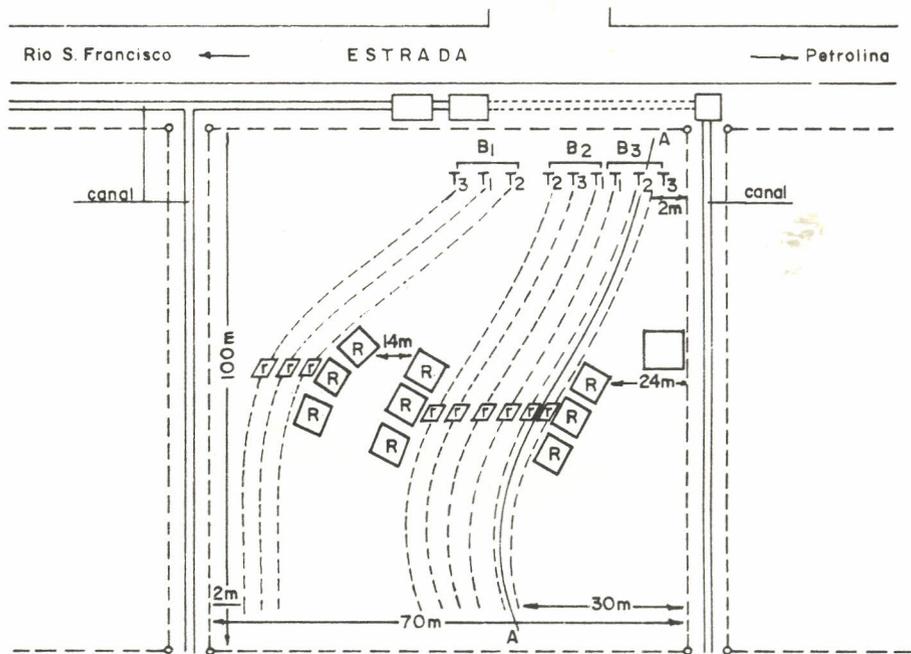
As características técnicas do método de irrigação por cápsula porosa foram avaliadas, através do registro diário da liberação de água no solo e sua distribuição no tempo e espaço, para diferentes populações de plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivar Centralmex.

O desenho experimental usado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em três tratamentos e cinco subtratamentos, igualmente espaçados, com três repetições. A disposição dos tratamentos e reservatórios de abastecimento são apresentados nas Figuras 1 e 2. Os tratamentos (T) corresponderam a diferentes pressões hidrostáticas: 0,35 m (T₁), 0,50 m (T₂) e 0,75 m (T₃) e os subtratamentos (P) corresponderam a diferentes populações de plantas: uma (P₁), quatro (P₂), sete (P₃), dez (P₄) e treze (P₅), onde cada um continha dez cápsulas porosas.

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguido de um levantamento planialtimétrico da área experimental e locação de curvas de nível básicas na área correspondente a cada bloco. Seguindo-se as curvas de nível, foram abertos nove sulcos equidistantes de 2 m, 100 m de comprimento e profundidade de 0,25 m (0% de declividade).

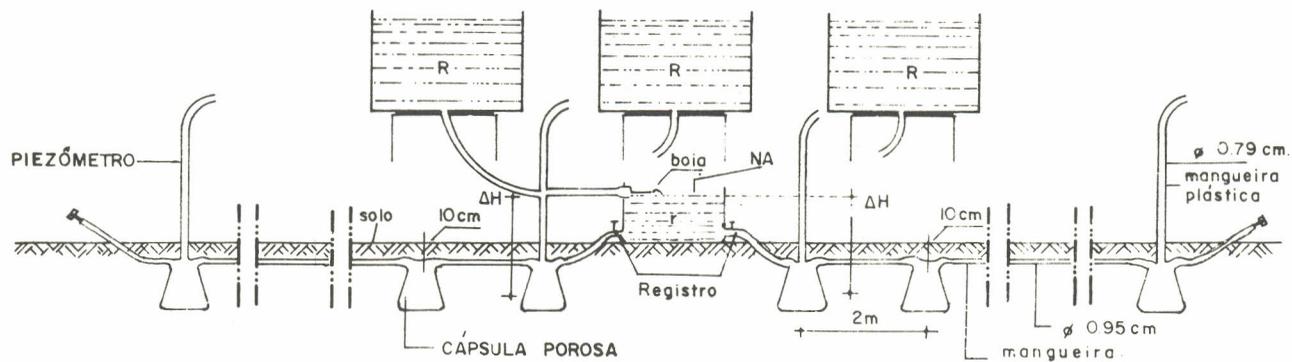
Nos sulcos, foram instaladas as linhas de irrigação onde cada uma delas era composta de 50 cápsulas porosas conectadas entre si, de 2 em 2 m, através de mangueira plástica transparente de 3/8" de diâmetro. Cada linha, independentemente, conectava-se com um reservatório de água (r), de nível constante, que por sua vez mantinha-se em comunicação direta com o reservatório (R) de abastecimento (Figuras 1 e 2). Os reservatórios R e r eram caixas de cimento amianto de 250 e 50 litros, respectivamente.

Os fertilizantes empregados foram o sulfato de amônio, superfosfato simples e o cloreto de potássio, na proporção de 50, 60 e 20 kg/ha, respectivamente. No plantio foi aplicado 1/3 de nitrogênio e quantidade total de fósforo mais potássio. Os 2/3 restantes de nitrogênio foram incorporados, em cobertura, aos 25 e 45 dias após a germinação. A distribuição dos fertilizantes foi feita num raio de 15 cm e profundidade de 4 cm ao redor de cada unidade porosa. Considerando-se a área de exploração pelas plantas, como sendo 1 m² por cápsula, então, os fertili



- r, R — Reservatório de 50 e 250 lit. respectivamente
 T₁, T₂, T₃ — Pressão de funcionamento do sistema (ΔH)
 A, A — Corte Longitudinal
 B₁, B₂, B₃ — Blocos

Fig.1 Croqui de localização do experimento no campo



- r — Reservatório de água a nível constante (50 L)
 R — Reservatório de Abastecimento (250 L)

Fig.2 Corte Longitudinal A, A

zantes foram quantificados, somente, para uma área total equivalente a 450 m².

O plantio do milho foi realizado, manualmente, no dia 6 de setembro de 1979, sendo as sementes distribuídas num raio de 20 cm e, igualmente, espaçadas em torno da cápsula porosa. O desbaste foi executado aos quinze dias após o plantio, deixando-se, por cápsula, o número de plantas especificado para cada subtratamento (P).

Durante o ciclo da cultura, foram efetuadas duas capinas e uma amontoa, sendo os tratamentos fitossanitários, somente executados por ocasião da ocorrência de pragas, usando-se como defensivos Carbaryl, Paration Metílico e Monocrotofos.

Realizaram-se observações dos seguintes fatores climáticos: precipitação, temperatura do ar, evaporação do Tanque Classe A e umidade relativa na Estação Climatológica do Campo Experimental de Bebedouro durante um período de 74 dias.

Os volumes de água consumidos por tratamento T foram computados duas vezes ao dia (nove e quinze horas), diretamente do reservatório R de cada uma das linhas de irrigação.

A determinação da distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado se fez pelo método gravimétrico às profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm a cada ponto equidistante do eixo vertical das cápsulas porosas de 10, 20, 30 e 40 cm. Esta determinação foi realizada para os subtratamentos P₁, P₃ e P₅ aos 21, 42 e 83 dias, após o plantio, seguindo-se procedimentos descritos por Catão (1975) e Silva (1977).

Os registros do potencial mátrico (Ψ_p) efetuaram-se por meio de tensiômetros instalados nos subtratamentos P₁, P₃ e P₅ a dois centímetros da parede das cápsulas e a 25 cm de profundidade. As leituras foram efetuadas diariamente às nove horas e, para cálculo dos potenciais de água no solo, usou-se a metodologia proposta por Reichardt (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Liberação diária de água por cápsula porosa durante o ciclo de cultivo

A liberação diária de água por cápsula porosa, para os diferentes tratamentos T, evaporação do Tanque Classe A e precipitação durante 74 dias, encontram-se na Figura 3.

Analisando-se as curvas de liberação diária de água por cápsulas porosas para os tratamentos T₁, T₂ e T₃, apresentados na Figura 3, observa-se que as liberações não foram uniformes e variaram de acordo com os tratamentos e condições climáticas, muito embora estas variações não tenham sido significativas com relação à evaporação do Tanque Classe A. As tendências detectadas para os diferentes tratamentos T, referentes à liberação de água por cápsula, ao seguirem as mudanças climáticas relativas à precipitação e à evaporação, foram inferiores aos resultados obtidos por Olguin et al. (1976), Garcia (1977), Santos (1977) e Silva et al. (1978), quando empregaram o método sob tensão, uma vez que na ocorrência de um decréscimo brusco na evaporação do Tanque Classe A, as liberações de água decresciam sensivelmente. No presente trabalho observou-se que, após as precipitações ocorridas a partir do dia 6 de novembro de 1979, os tratamentos T₁ e T₂ reduziram suas liberações de água mais sensivelmente do que o T₃, se bem que as liberações de água por cápsula, mesmo para o T₁, ficaram, ainda, ao redor 4 l/dia (Fig.3). Estes resultados são coerentes com o fato do potencial de água, no interior da cápsula porosa, ser positivo, Rendon(1979).

Os dados apresentados na Figura 3 permitem concluir que o método de irrigação por cápsulas porosas sob pressão é menos sensível que o método funcionando sob tensão, quando se trata de correlacionar as liberações de água pelo sistema com a evaporação do Tanque Classe A.

Analisando-se os valores de liberação média diária de água por cápsula porosa, encontrados na Tabela 1, observa-se que houve diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os tratamentos T. As maiores liberações de água foram registradas nos tratamentos T₂ e T₃. Isto demonstra que as diferentes pressões hidrostáticas influíram na liberação de água pelas cápsulas, confirman

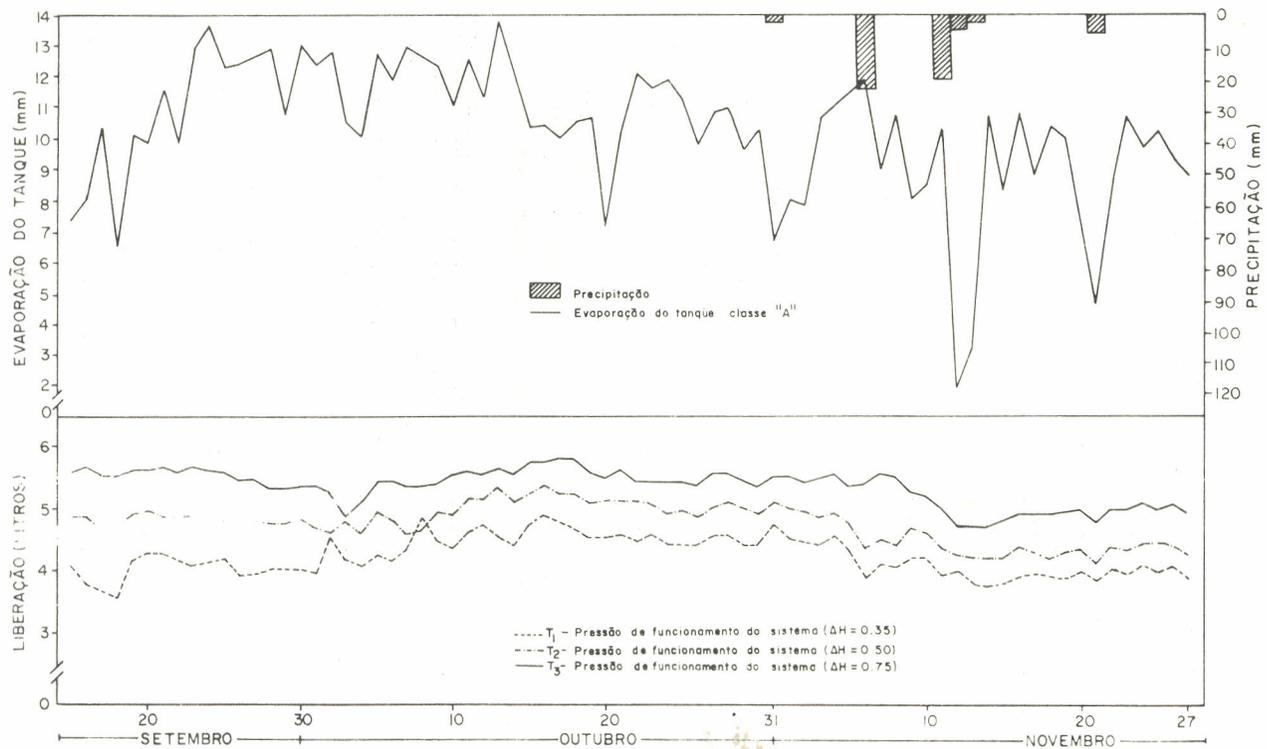


Fig. 3 Liberação diária de água por cápsulas porosas para os tratamentos, evaporação do tanque classe "A" e precipitação durante o ciclo vegetativo do milho.

do-se resultados obtidos por Rendon (1979). Segundo seus resultados, a vazão da cápsula aumentou à medida que se elevou o potencial de água no seu interior.

TABELA 1. Liberação média de água por cápsula porosa e em m^3/ha para os diferentes tratamentos durante o ciclo de cultivo.

Tratamento	Liberação média de água p/cápsula		m^3/ha
	Diária ^a	Total	
T ₁	4,30	318,23	795,6
T ₂	4,83	357,40	983,5
T ₃	5,40	399,41	999,6

^aCV (%) = 2,00

DCS (Tukey 1%) = 0,26

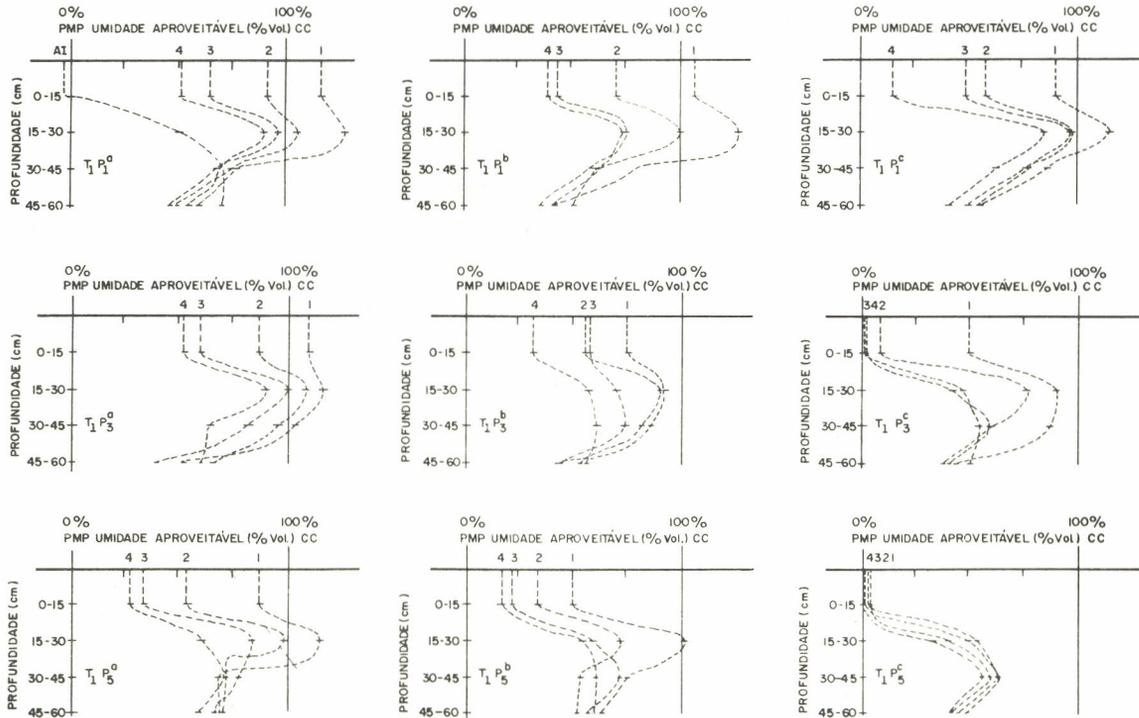
O baixo coeficiente de variação, determinado através da análise de variância, com relação à liberação média de água pelas cápsulas porosas, Tabela 1, demonstra que estas apresentam uniformidade de liberação, podendo ser utilizadas em estudos que envolvam água, solo e planta e que exijam precisão.

Os reduzidos volumes de água liberados, durante mais de 80 dias, demonstram a viabilidade de utilização do método em regiões com recursos hídricos escassos.

Distribuição do conteúdo de água no solo, no tempo e espaço

As distribuições das umidades aproveitáveis (em base a volume) estão apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, onde considera-se o Ponto de Murcha Permanente (PMP) e a Capacidade de Campo (CC) com umidades 0% e 100%, respectivamente.

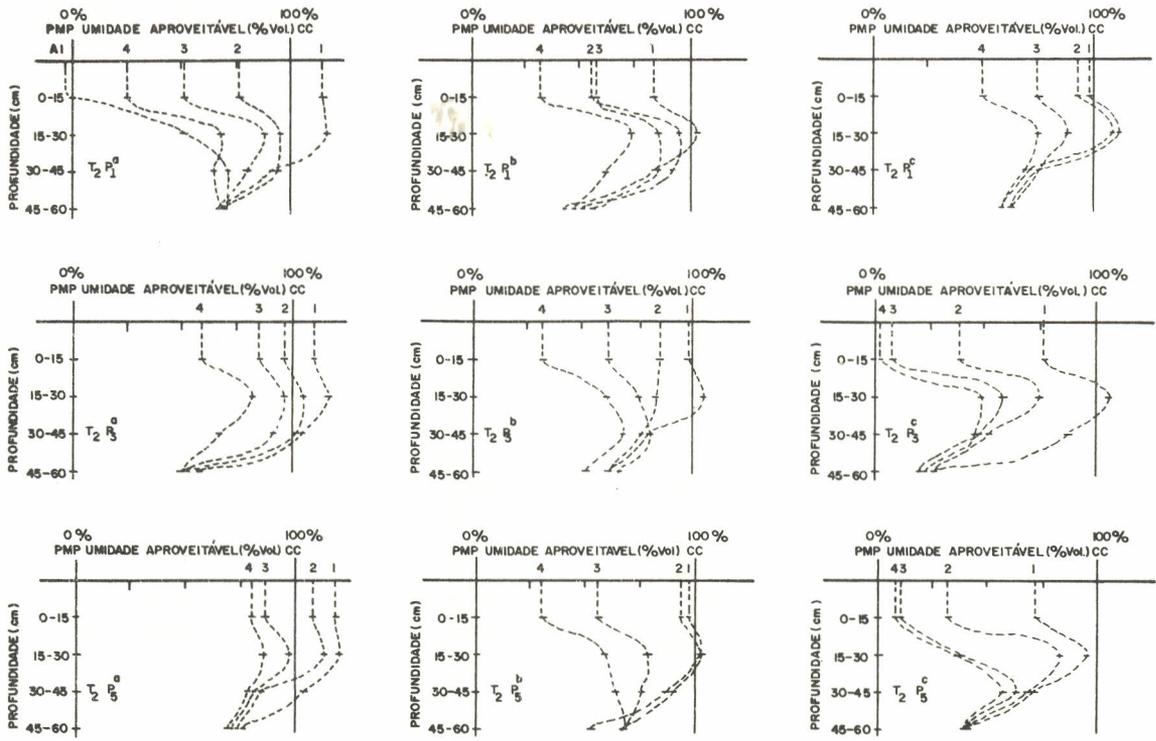
Analisando-se a distribuição da umidade na direção horizontal e nas diferentes profundidades, verifica-se que maior conteúdo de umidade foi encontrado ao redor dos primeiros 10 cm do eixo vertical das cápsulas porosas e nas amostras correspondentes às profundidades de 15-30 cm. Algumas irregularidades observadas nas Figuras 4, 5 e 6 devem-se às variações de solo em diferentes camadas, no que diz respeito a CC, PMP e Densidade aparente (D_a), dificultando uma avaliação mais detalhada da distribuição do conteúdo de água no solo, no tempo e no espaço.



PMP - Ponto de murcha permanente
 CC - Capacidade de Campo
 A1 - Umidade do solo antes da irrigação
 a - Umidade no bulbo molhado aos 21 dias após o plantio
 b - Umidade no bulbo molhado aos 42 dias após o plantio
 T₁ - Pressão do funcionamento do sistema (0,35m)

c - Umidade no bulbo molhado aos 83 dias após o plantio
 1 - Ponto a 10 cm do eixo vertical da cápsula
 2 - Ponto a 20 cm do eixo vertical da cápsula
 3 - Ponto a 30 cm do eixo vertical da cápsula
 4 - Ponto a 40 cm do eixo vertical da cápsula
 P₁, P₃ e P₅ Correspondem, respectivamente, a 1, 7, e 15 plantas/cápsula

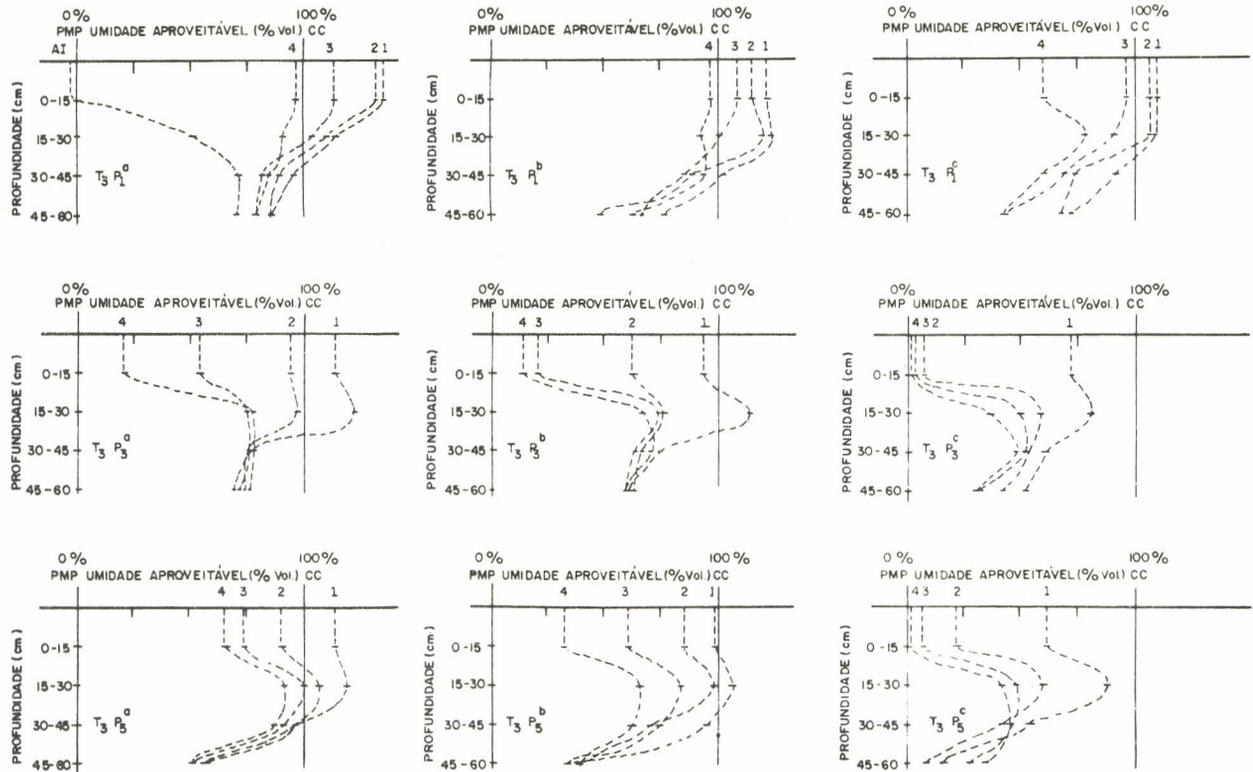
Fig. 4 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.



PMP - Ponto de Murcha Permanente
 CC - Capacidade de Campo
 A1 - Umidade do solo antes da irrigação
 a - Umidade no bulbo molhado aos 21 dias após o plantio
 b - Umidade no bulbo molhado aos 42 dias após o plantio
 T₂ - Pressão de funcionamento do sistema (0,50m)

c - Umidade no bulbo molhado aos 83 dias após o plantio
 1 - Ponto a 10cm do eixo vertical da cápsula
 2 - Ponto a 20cm do eixo vertical da cápsula
 3 - Ponto a 30cm do eixo vertical da cápsula
 4 - Ponto a 40cm do eixo vertical da cápsula
 P₁, P₃ e P₅ Correspondem, respectivamente, a 1, 7, e 13 plantas/cápsula

Fig. 5 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.



PMP - Ponto de Murcha Permanente

CC - Capacidade de Campo

AI - Umidade do solo antes da irrigação

a - Umidade no bulbo molhado aos 21 dias após o plantio

b - Umidade no bulbo molhado aos 42 dias após o plantio

T₃ - Pressão de funcionamento do sistema (0,75m)

c - Umidade no bulbo molhado aos 83 dias após o plantio

1 - Ponto a 10cm do eixo vertical da cápsula

2 - Ponto a 20 cm do eixo vertical da cápsula

3 - Ponto a 30 cm do eixo vertical da cápsula

4 - Ponto a 40cm do eixo vertical da cápsula

P₁, P₃ e P₅ Correspondem, respectivamente, a 1, 7 e 13 plantas/cápsula

Fig. 6 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

A distribuição do conteúdo de água para o tratamento T_1 , como se observa na Figura 4, e para os subtratamentos P_1 , P_3 e P_5 , apresenta variações entre 50 e 100% de Umidade Aproveitável (UA) ao redor de um bulbo molhado de 80 cm de diâmetro e profundidades de 15 a 45 cm, respectivamente, durante todo o ciclo de cultivo. Com exceção dos T_1P_3 e T_1P_5 , que apresentaram decréscimo de UA aos 83 dias após o plantio, principalmente o último, cuja umidade permaneceu dentro do bulbo molhado ao redor de 35 a 65%. Também se comprova que esta disponibilidade de umidade tende a crescer à medida que se aumenta T, como se verifica analisando as Figuras 5 e 6 para os tratamentos T_2 e T_3 . A disponibilidade de umidade foi mais expressiva para o T_3P_1 no decorrer do período fenológico.

Os dados de potenciais diários, obtidos pelos tensiômetros de mercúrio para o T_1 a 2 cm das paredes das cápsulas e a 25 cm da superfície do solo indicam que o conteúdo de água no solo manteve-se sempre, acima de CC como mostra a Figura 7.

Os potenciais de água no solo dados em atm. (Fig. 7) apresentam coerência, proporcionais aos resultados das amostragens gravimétricas (Fig. 4) para os 42 e 83 dias após o plantio.

Os mais elevados potenciais foram registrados para o P_1 , justificado pela menor demanda evapotranspirativa da cultura. Por outro lado, P_3 apresentou potenciais mais baixos do que P_5 a partir dos 54 dias após o plantio. Estes resultados estão de acordo com os dados de maior desenvolvimento foliar final e produção de milho para P_3 segundo Silva et al. (1978). Os potenciais para o T_2 e T_3 , comparados às amostragens gravimétricas, correspondentes às Figuras 5 e 6, respectivamente, foram semelhantes, nos aspectos estudados, ao T_1 .

A distribuição do conteúdo de água se comporta distintamente para cada tratamento T, com relação a um mesmo subtratamento P, aos 21, 42 e 83 dias após o plantio. Entretanto, esta variabilidade da UA é menos significativa para os tratamentos T_2 e T_3 . Isto se explica porque houve maior liberação de água pelas cápsulas do tratamento T_2 (4,83 l/dia) e T_3 (5,40 l/dia) sendo, portanto, menor o

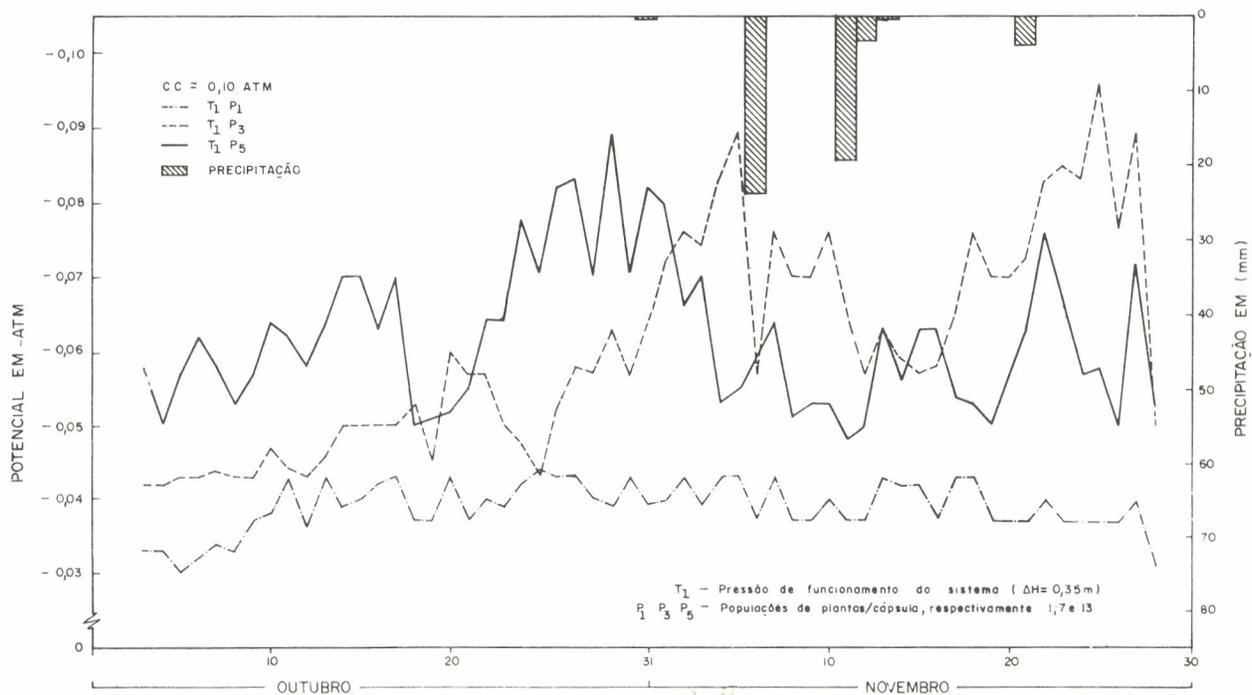


Fig. 7 Potenciais Matriciais diários dos sub-tratamentos P_1 , P_3 e P_5 do tratamento T_1 e precipitações no período (Outubro/Novembro)

déficit de UA para as populações mais altas: sete a treze plantas por cápsulas porosas (Figuras 5 e 6). Todavia, no que diz respeito ao subtratamento P₁, ocorreu um acréscimo da UA nos pontos igualmente espaçados de 10 cm, (1, 2, 3 e 4) do T₃ comparado ao T₁, mas o mesmo não ocorreu para o T₂ (Figuras 4, 5 e 6), durante o ciclo de cultivo.

As UA's existentes dentro dos bulbos molhados variaram, significativamente, para diferentes tratamentos e subtratamentos como demonstram as Figuras 4, 5 e 6, cujas UA's para uma distância horizontal de 40 cm Brasil. SUDENE (1977) do eixo vertical da cápsula porosa e uma profundidade de 0-15 cm, variaram de aproximadamente 100% para o T₃P₁ a zero para o T₁P₅, respectivamente, aos 21 e 83 dias após o plantio. Por estas observações conclui-se que a população P₅ é muito alta para o tratamento T₁ e a população P₁ é muito baixa para o tratamento T₃, com relação ao uso de água pelas plantas.

Os resultados apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, para o subtratamento P₃ e tratamentos T₁, T₂ e T₃, demonstram que as UA's sempre estiveram entre 60 e 100% para um bulbo molhado médio de 40 cm de diâmetro e uma profundidade média entre 15-45 cm. Este resultado se confirma, uma vez que, a distribuição do conteúdo de água no solo é importante para um melhor manejo de cultivos; Baver et al. (1973), Kramer (1974) e Hillel (1971). Singh et al. (1978) afirmaram que as culturas anuais não são afetadas em seus rendimentos, quando a suplementação de UA é superior a 60%.

A máxima demanda de água durante o período crítico do milho, para diferentes subtratamentos P, afetou a distribuição do conteúdo de água, reduzindo-a no espaço, como se observa, principalmente aos 42 e 83 dias após o plantio. A mais significativa redução foi observada no tratamento T₁ (Figura 4).

A distribuição do conteúdo de água no solo pelo método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob pressão, permite concluir que houve um acréscimo de umidade na camada de 0-30 cm e as disponibilidades máximas às profundidades entre 15 e 45 cm, formaram um bulbo molhado com diâmetro médio de 80 cm. A menor quantidade de UA foi

observada para o T₁P₅, aos 83 dias após o plantio. Mesmo para o tratamento que forneceu maior liberação de água por cápsula porosa (T₃) os dados encontrados não demonstram que verificaram-se perdas de água por percolação profunda.

O intervalo entre irrigações, nos métodos convencionais, provocam déficits hídricos nas culturas, como ocorrem nos métodos de irrigação por gravidade e suas variantes, aspersão e gotejamento (Olguin et al. 1975 e Singh et al. 1978). Entretanto, no método de irrigação por cápsulas porosas, este déficit não se verifica, devido à constante e uniforme liberação de água dentro do solo como se observa através dos dados apresentados nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

Uma análise dos resultados obtidos permite concluir que, funcionando sob pressão, o método de irrigação por cápsulas porosas é tecnicamente viável para aquelas propriedades agrícolas que dispõem de recursos hídricos limitados. Isto devido ao baixo consumo d'água, estimado em aproximadamente 1.000 m³ por hectare, durante um período de 90 dias. Este baixo requerimento d'água ratifica-o para os tipos de exploração mais comuns do Semi-Árido (culturas alimentares, etc.), possibilitando cultivos sucessivos ao longo do ano.

O método de irrigação estudado demonstrou algumas importantes vantagens, tais como: auto-regulável, dispensa força motriz; altíssima eficiência de aplicação e distribuição de água; fácil manejo. Como limitações, necessita entretanto que se determine a durabilidade do sistema, isto porque, em condições de campo, não se vem observando redução nas liberações de água, quando o método funciona continuamente. Quando se testa, em condições de laboratório, verifica-se que esta redução ocorre.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob pressão, é tecnicamente viável para pequenas áreas, de propriedades agrícolas que dispõem de recursos hídricos limitados, devido ao baixo consumo de água requerido. Consumo estimado em 1.000 m³/ha/2.500 cápsulas/90 dias.

O consumo de água para as pressões hidrostáticas de 0,35, 0,50 e 0,75 m foram, respectivamente, de 796, 984 e 1.000 m³/ha, durante 90 dias, demonstrando grande economia de uso de água.

As cápsulas porosas apresentaram alta uniformidade na liberação de água durante o período estudado, podendo ser utilizadas em estudos precisos que envolvam água, solo e planta.

O potencial matricial de água no solo, a dois centímetros das paredes das cápsulas, manteve-se pouco acima de CC e a UA dentro do bulbo molhado sempre esteve entre 60 e 100% para um diâmetro médio de 40 cm e nas faixas de 15 a 45 cm de profundidade, durante o ciclo do cultivo.

O método de irrigação por cápsulas porosas é um método de irrigação localizada, onde os teores de umidade tendem a crescer de 0 a 30 cm de profundidade, atingindo, aí, seu nível máximo de UA. A partir desta faixa, o teor de umidade decresce no sentido das camadas inferiores, praticamente, não havendo água de percolação, formando um bulbo molhado ao redor das cápsulas porosas.

Recomenda-se que nos trabalhos subsequentes, maior ênfase seja dada aos estudos de determinação da durabilidade do sistema, verificando-se o efeito das interrupções de funcionamento do sistema e a qualidade de água, na redução da porosidade das cápsulas porosas.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), representado por Dr. Renival Alves de Souza e Dr. Manoel Abílio de Queiroz; à equipe de Manejo de Solo e Água do Programa de Pesquisa em Agricultura de Sequeiro, pelo integral apoio na realização deste trabalho.

À Cerâmica Cariri S/A (CECASA), representada pelo Dr. José Venilson de Araújo, pela contribuição técnico-científica sobre os materiais argilosos empregados na fabricação das cápsulas porosas.

REFERÊNCIAS

- BARRIOS, J. Utilização de principios e técnicas de gotejamento no delineamento de uma metodologia de irrigação adequada as regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO, 3., Campinas, SP., 1979. Campinas, SP, 1979. n.p.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. Movimiento del agua en el suelo. In: . **Física de suelos**. 4. ed. Trad. de Jorge Manuel Rodríguez Y Rodríguez. México, D.F., Hispano-Americana, 1973. 529p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola. **Plano Nacional de irrigação**; fase I diagnóstico preliminar. Brasília, 1970. 1v. ilustr.
- BRASIL. SUDENE. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo**. Recife, 1977. 76p. ilustr.
- CATÃO, A. J. C. **Evaluacion del metodo del riego por aspersión, basado em patrones de aplicacion**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1975. 176p. Tese de Mestrado.
- CHOU DHURY, E. N. & MILLAR, A. A. **Características físicas co-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 13p. (não publicado).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, 1977-1978**. Brasília, DF, EMBRAPA-DID, 1979. 133p. ilustr.
- GARCIA REAL, C. A. **Efecto del riego por succión sobre la potencialidad de rendimento de la fresa y eficiencia en el uso del agua**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 57p. Tese Mestrado.

- GOLBERG, S. D. **Conceptos modernos sobre irrigacion.** Rehovot, Israel, Universidad Hebrea, Departamento de Irrigacion, 1974. 12p.
- GOMES, G. M. A política de irrigação no Nordeste: intenções e resultados. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, 9(2):411-46, 1979.
- GUERRA, P. de B. **Açudes públicos do Nordeste**; relação dos reservatórios construídos até 1979. Fortaleza, DNOCS, 1980. 21p.
- HILLEL, D. The state of water in the soil. In: _____, **Soil and water**; physical principles and processes. New York, Academic Press, 1971. cap. 3 p.49-77.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Departamento de Cadastro e Tributação, Brasília, D.F. **Sistema nacional de cadastro rural. Cadastro de imóveis rurais. Estatísticas cadastrais. Base recadastramento 1972.** Brasília, DF., 1974. v.1.
- ISRAELSEN, O. W. & HANSEN, V. E. **Principios y aplicaciones del riego**; obra que comprende todas las fases del riego, desde las fuentes y alumbramiento del agua hasta el aspecto social y administrativo del regadio. Trad. de Alberto Garcia Palacios. 2.ed. Barcelona, Reverte, 1973. 396p. ilustr.
- KRAMER, P. J. **Relaciones hídricas de suelo y plantas**; una síntesis moderna. Trad. de Leonor Tejada. México, D.F., Edutex. 1974. 538p. ilustr.
- MICHAEL, A. M.; MOHAN, S. & SWAMINTHAN, K. R. **Design and evaluation of irrigation methods.** New Delhi, ICAR, 1972. 127p. ilustr.
- MORAES, V. D. F. **Uso de águas soladas para riegos de cultivos por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1978. 126p. Tese Mestrado.

- OLGUIN PALACIOS, C. **Riego por succión, descripción del me todo y avances en la investigación.** Trabajo presentado no Seminario Nacional de Riego por Goteo, l., Hermosillo, Son., 1975. 17p.
- _____.; LLERENA, V. F. A.; VIZCAINO, V. J. & PENÃ, I. de **Observaciones sobre el efecto del riego por succión en el rendimiento y desarrollo de maiz (Variedad H-507), em el distrito de riego nº 41, Rio Yaqui, Sonora.s.n.t.** 18p.
- PEREIRA, J. M. de A. & SOUZA, R. A. de. **Mapeamento detalhado da área de Bebedouro.** Petrolina, PE.; SUDENE, 1967. 57p. ilustr.
- PONTES, J. O. **O DNOCS e a irrigação do Nordeste.** s.l., DNOCS, 1975. 23p.
- QUEIROZ, M. A. de. **Agricultural research for semi-arid Northeast Brazil.** s.l., Instituto Italo Latino Americano, 1979. 16p. (IILA, Documento, 8)
- REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M. E. **Hidrologia das secas - Nordeste do Brasil.** Recife, SUDENE-DRN, 1972. 126p. (Brasil.SUDENE. Série Hidrogeologia, 40).
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** São Paulo, McGraw-Hill, 1978. 119p.
- RENDON PIMENTEL, L. **Desarrollo y calibración preliminar de un modelo matemático para riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1979. 174p. Tese Mestrado.
- SANTOS, E. D. **Determinación de la evapotranspiración en trigo mediante riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 107p. Tese Mestrado.
- SILVA, A. de S. **Manejo del agua de riego bajo diferentes métodos de labranza em maiz (*Zea mays* L.).** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 231p. Tese Mestrado.

- SILVA, A. de S.; SANTOS, E. D. & MAGALHÃES, A. A. de.
Confecção e testes de cápsulas porosas para métodos de irrigação por sucção. Recife-PE, EMATER-PE, 17p.
(EMATER-PE, Boletim Técnico, 13)
- SILVA, D. A. da; GHEYI, H. R.; SILVA A. de S. & MAGALHÃES, A. A. de. **Irrigação por cápsulas porosas: IV. Efeito de diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas na produção de milho (*Zea mays* L.).** Petrolina, PE.; EMBRAPA/CPATSA, 1980. (não publicado)
- SINGH, S. D.; GUPTA, J. P. & SINGH, P. Water economy and saline usa by drip irrigation. **Agronomy Journal**, 70(6): 948-51, 1978.