

IRRIGAÇÃO POR CÁPSULA POROSA.

I. CONFEÇÃO DE CÁPSULAS E ENSAIOS DE LIBERAÇÃO DE ÁGUA¹

DINARTE AÉDA DA SILVA², JOSÉ VENILSON DE ARAÚJO³, ADERALDO DE SOUZA SILVA⁴ e HANS RAJ GHEYI⁵

RESUMO - O presente estudo mostra a possibilidade de uso do taguá, material argiloso proveniente do Cariri cearense, como matéria-prima básica para confecção de cápsulas porosas para fins de irrigação localizada. As cápsulas porosas, confeccionadas com diferentes proporções de taguá, e a chamota, originária do taguá calcinado acrescido de carbonato de cálcio natural e xisto talco, mostraram liberações de água na faixa de $0,10 \pm 0,02$ a $36,00 \pm 2,37$ l/dia sob a pressão hidrostática entre 0,25 a 1,00 m. Recomendam-se algumas modificações nas formas das unidades porosas em relação às anteriormente usadas, pois, além de facilitarem a interligação entre as cápsulas, permitem economia de até 50% na tubulação de plástico necessária para instalação do sistema.

Termos para indexação: irrigação localizada, economia de água.

IRRIGATION BY POROUS CAPSULE

I. CONSTRUCTION OF CAPSULES AND WATER RELEASE

ABSTRACT - The present study shows the possible use of "taguá", a clay from Cariri region, CE, Brazil, as basic material for construction of porous capsules used in localized irrigation. The porous capsules made up of different proportions of "taguá" and its ash with calcium carbonate plus shale talc showed water release capacity in the range of $0,10 \pm 0,02$ to $36,00 \pm 2,37$ l/day under hydrostatic pressures varying from 0,25 to 1,00 m. Some modifications in the previous shape of porous capsules are recommended which besides facilitating interconnection of capsules permits 50% economy in plastic tubing necessary for installation of the system.

Index terms: localized irrigation, water economy.

INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semi-áridas do Nordeste apresentam grande potencialidade agrícola. No entanto, a escassez ou intermitência das chuvas e o manejo inadequado dos recursos naturais existentes constituem as principais restrições para um melhor aproveitamento agrícola desta região. Considerando as extensas áreas do Nordeste, que não têm potencial de água suficiente para o desenvolvimento agrícola através de irrigação convencional,

justifica-se o estudo e adaptação de novos métodos, não convencionais, que possibilitem uma utilização dos recursos físico-hídricos disponíveis, de forma mais racionalizada com economia e eficiência no uso de água, tal como o método de irrigação por cápsula porosa sob tensão. Os estudos iniciais sobre o desenvolvimento deste método foram realizados no México por Olguín (s.n.t. e 1976), Santos (1977) e Garcia (1977). A capsula porosa, o principal componente do sistema, contém quatro orifícios, sendo dois inferiores e dois superiores; é fabricada de argila pura, não expansível, queimada a 850°C. O sistema consiste de uma série de cápsulas interconectadas com mangueira de plástico ou polietileno e ligada a uma fonte de abastecimento situada 30 cm a 50 cm abaixo do nível das cápsulas.

No Brasil, Silva et al. (1978) comprovaram a economia de água através do suprimento hídrico da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) por este método, mas encontraram dificuldades para identificar os pontos de entrada de ar, quando ocorrem vazamentos no sistema. Em virtude do fato de ter quatro orifícios, usava-se uma grande quantidade

¹ Aceito para publicação em 28 de março de 1985. Contribuição do Convênio SUDENE/CNPq/BID/EMBRAPA. Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada na Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

² Professor do Departamento Agropecuário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

³ Ger. Ind. da Cerâmica do Cariri, S/A. - CECASA -, Barbalha, CE.

⁴ Pesquisador em Manejo de Solo e Água para Zonas Áridas do CPATSA, EMBRAPA, Petrolina, PE.

⁵ Professor, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

de tubulação para instalação, um dos mais caros componentes do sistema. Ao mesmo tempo, na ausência de qualquer bico conector para tubulação, encontravam sérias dificuldades de vedação.

Com o objetivo de simplificar e minimizar os custos do sistema, procurou-se testar a possibilidade de confeccionar cápsulas porosas somente com dois orifícios superiores em forma de bicos conectores. O presente trabalho apresenta a metodologia de confecção de cápsulas e os resultados de liberação de água sob diferentes pressões hidrostáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental de Bebedouro, setor de confecção de cápsulas porosas do CPATSA/EMBRAPA, em Petrolina, PE, e Cerâmica do Cariri S.A. (CECASA), Barbalha, CE.

Matéria-prima - Para confecção da cápsula porosa, usou-se material argiloso proveniente da região do Cariri cearense, um xisto argiloso do tipo *shale*, conhecido como taguá. Este, principalmente, contém argilas ilíticas, muito plásticas, de baixo ponto de fusão, alta retenção final de queima e patamar de sinterização muito reduzido (Santos 1975). O comportamento termodilatométrico do material pré-queimado foi considerado muito bom (Fig. 1). O pico de quartzo livre apresentado foi bem razoável e a curva não apresenta outras anomalias dignas de nota, obtendo-se a média final de dilatação de $84,84 \times 10^{-7}$ mm/mm.

No entanto, o uso de 100% de taguá traria vários problemas, e para evitá-los, foram adicionados o carbonato de

cálcio natural, o xisto talco e a chamota originária do taguá calcinado. A composição química dos materiais usados está apresentada na Tabela 1.

Das matérias-primas adicionais, a mais importante é a calcita. O teor de cálcio deve ser balanceado de tal forma, que a cápsula queimada não contenha resíduos de CaO livre remanescente.

Preparo das matérias-primas e confecção das cápsulas - A calcita, o xisto talco e a chamota foram reduzidos em moinho de bolas, até deixarem resíduos no máximo de 4% a 5% em 200 mesh. A mistura destes materiais em estado líquido denominou-se de barbotina A.

O taguá minerado pela CECASA, depois de uma secagem natural, foi reduzido em moinhos de rolos do tipo "Low Side", sem deixar restos em malhas de 50 mesh. A massa assim obtida foi misturada com água, num agitador de pás rotativas, e, posteriormente, peneirada em malhas de 100 mesh, obtendo-se a barbotina B.

Para confecção das cápsulas, empregou-se o método de moldagem por colagem descrito por Santos (1977), utilizando-se moldes de gesso do tipo "plaster of paris"⁶. A técnica utilizada na confecção dos moldes foi a tradicional, tendo-se especial cuidado na desaeração da massa antes de sua aplicação. A Fig. 2 mostra as principais diferenças entre as cápsulas usadas por Silva et al. (1978) e as do presente estudo.

As barbotinas A e B, depois de acertadas as respectivas densidades ($1,33 \text{ g/cm}^3$), foram misturadas entre si em proporções desejadas e homogeneizadas em agitadores apropriados.

TABELA 1. Composição química média dos materiais argilosos usados na confecção das cápsulas porosas.

	Materiais (%)		
	Taguá	Xisto-talco	Calcita
Insolúveis	-	-	1,64
SiO ₂	53,69	52,42	-
Al ₂ O ₃	18,44	3,60	-
Fe ₂ O ₃	7,67	10,00	0,52
CaO	2,82	-	-
CaCO ₃	-	-	89,29
MgO	4,05	27,70	-
MgCO ₃	-	-	8,55
Na ₂ O	1,32	0,50	-
K ₂ O	0,85	-	-
Perda ao fogo	11,16	5,79	-

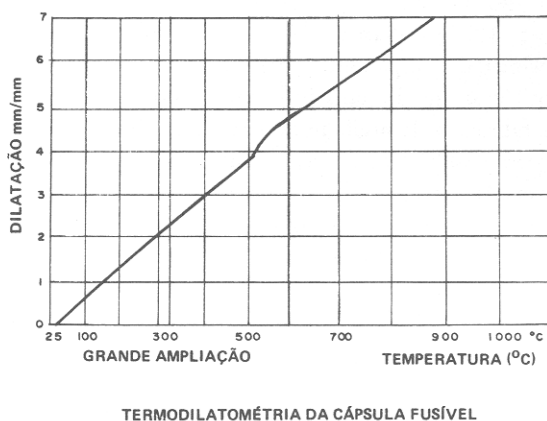


FIG. 1. Curva termodilatométrica do material usado para confecção das cápsulas porosas.

⁶ Marca chaves industrializado em Maranguape, CE, por Chaves Mineração, S.A.

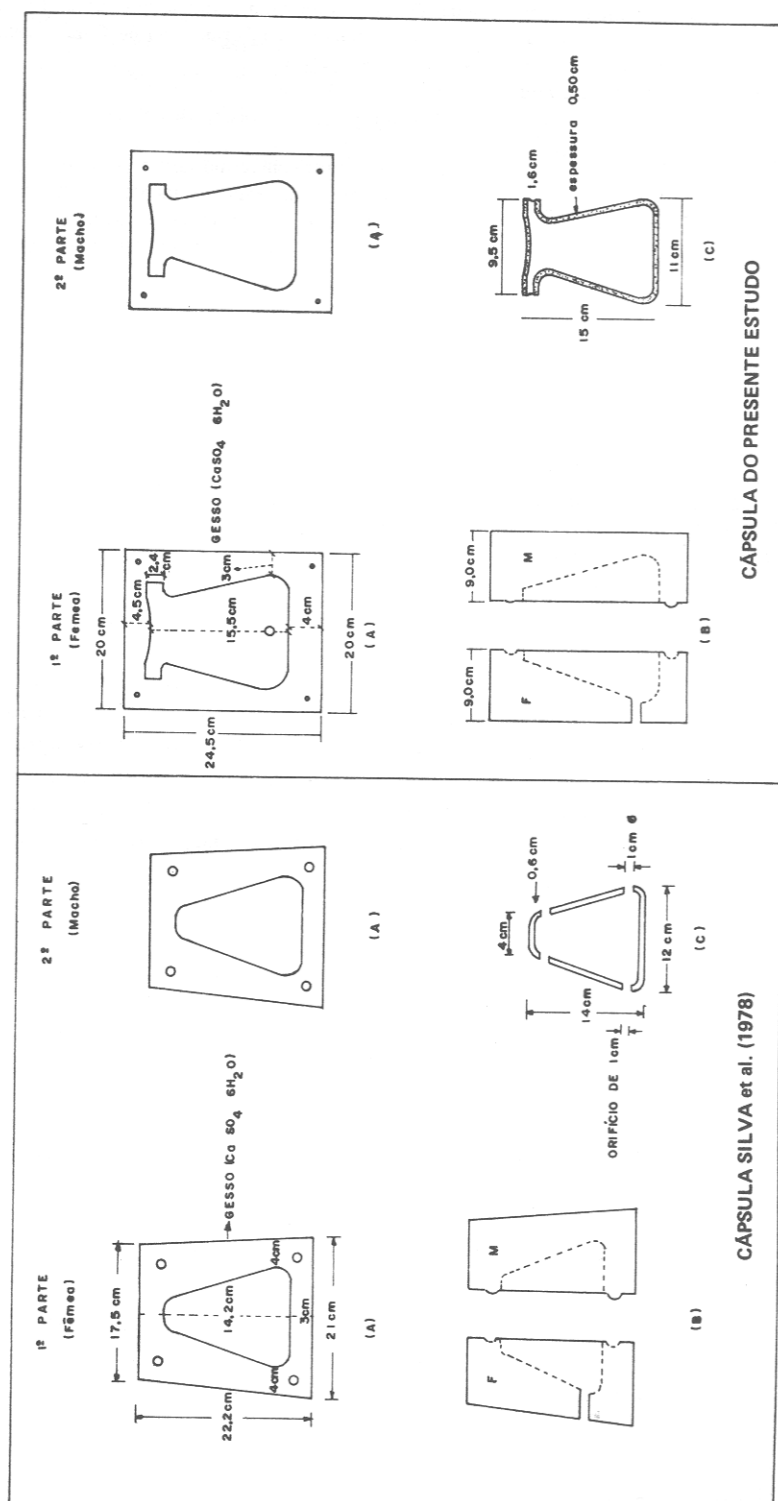


FIG. 2. Cápsula porosa usada por Silva et al. (1978) e do presente estudo, com modificações. (A) Molde de gesso utilizado. (B) Corte longitudinal no molde. (C) Cápsula porosa na forma após secagem.

Os moldes foram preenchidos ininterruptamente com a mistura de barbotinas, por quatro minutos - tempo suficiente para formar uma camada sólida em contato com o gesso. Em seguida, foi derramado o excedente líquido do interior dos moldes.

Após 5 minutos, realizou-se a abertura dos moldes, para se retirar as unidades moldadas. As dimensões e a forma da cápsula porosa ao sair do molde estão apresentadas na Fig. 2c.

As barbotinas mereceram atenção especial quanto às correções de suas propriedades reológicas através de colóides protetores e de eletólitos adequados (Voyutsky 1978). Nos experimentos preliminares constatou-se que um tempo de 5 minutos de colagem é suficiente para se obterem cápsulas com uma espessura de parede igual a 6 mm.

A pré-secagem foi realizada em ambiente de pouca ventilação, à temperatura ambiente. Completou-se a retirada da água antes da enfora das cápsulas, em secador tunel de curva fixa, com ciclo de 32 h e temperatura máxima de 145°C. Nestas condições, as cápsulas apresentavam um teor de umidade ao redor de 0,4% a 0,5%.

A queimagem das cápsulas foi realizada em forno túnel contínuo de 118 mm de comprimento, ciclo de 32 h e temperatura máxima de 1.120°C.

Determinação das liberações de água - As cápsulas foram abastecidas e fechadas hermeticamente, dentro de um recipiente a nível de água constante, como demonstra a Fig. 3, e submetidas às diferentes pressões hidrostáticas.

Computaram-se os volumes coletados em função do tempo e, em seguida, estimou-se a liberação diária de

água. Os valores da condutividade hidráulica das cápsulas foram determinados conforme a lei de Darcy, utilizando-se a seguinte equação:

$$k = V/t \cdot (a_1 + a_2) / 2 \cdot (\Delta H/\epsilon) \text{ ou } 2 \epsilon V/t (a_1 + a_2) \Delta H,$$

onde k é a condutividade hidráulica em cm/h, v , t , a_1 , a_2 , ΔH e ϵ representam, respectivamente, o volume coletado (cm³), tempo (h), áreas internas e externas de cápsulas (cm²), alturas de carga hidráulica (cm) e a espessura das paredes das cápsulas (cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Liberação da água por cápsula - Das cápsulas porosas confeccionadas, trinta para cada proporção de barbotinas A e B, tomaram-se, ao acaso, 10 de cada grupo de cápsulas, que foram submetidas a diferentes pressões hidrostáticas, tendo-se constatado liberações de água na faixa de 0,10 ± 0,02 a 36,00 ± 2,37 l/dia, como demonstra a Tabela 2.

As cápsulas feitas com as proporções 50:50 apresentaram grandes liberações diárias, mesmo para a pressão hidrostática de 0,25 m. Em razão da alta proporção de calcita contida na barbotina A, que confere a porosidade ao material após a queimagem, e, em consequência, afeta as suas resistências ao choque e a compressão, tornaram-se estas cápsulas inadequadas para uso de irrigação. Por

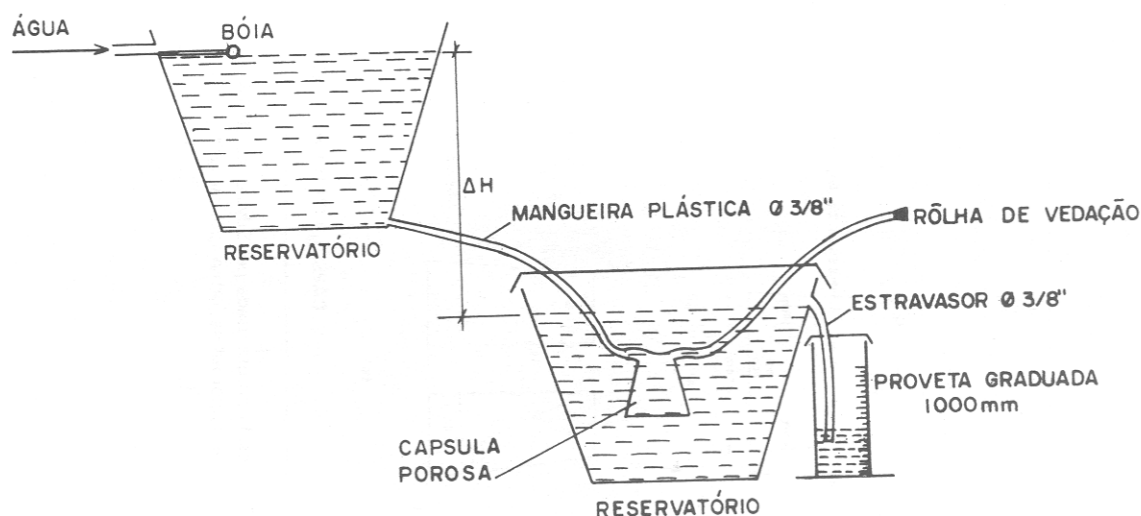


FIG. 3. Método adaptado para determinação da liberação de água por cápsula porosa.

TABELA 2. Liberação diária de água em litros e em função das diferentes proporções de barbotinas A e B usadas na confecção das cápsulas porosas, sob diferentes pressões hidrostáticas (ΔH).

Proporções de barbotinas A e B	$\Delta H(m)$	Liberações diárias de água			
		1,00	0,75	0,50	0,25
%			(l)		
20 : 80		0,30 $\pm$ 0,09	0,20 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,02
30 : 70		3,62 $\pm$ 0,34	3,02 $\pm$ 0,28	2,03 $\pm$ 0,23	0,82 $\pm$ 0,15
35 : 65		5,44 $\pm$ 0,15	3,94 $\pm$ 0,34	2,47 $\pm$ 0,08	1,62 $\pm$ 0,05
40 : 60		7,72 $\pm$ 0,94	6,32 $\pm$ 0,79	4,34 $\pm$ 0,33	2,83 $\pm$ 0,44
50 : 50		36,00 $\pm$ 2,37	29,00 $\pm$ 1,33	19,00 $\pm$ 1,03	9,50 $\pm$ 0,67

outro lado, as cápsulas de proporção 20:80, mostraram grandes resistências físicas, mas as liberações de água foram consideradas insuficientes para atender as necessidades hídricas das culturas.

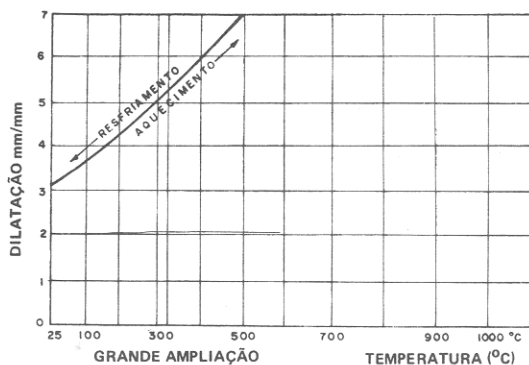
As cápsulas confeccionadas com as proporções correspondentes a 30:70 e 35:65, tinham grande resistência mecânica, devida à predominância da barbotina B, mas suas liberações de água foram consideradas baixas, principalmente para as pressões hidrostáticas de 0,25 e 0,50 ($< 3,0$ l/dia).

A proporção 40:60, das barbotinas A e B, foi considerada ideal para confecção das cápsulas, cujas liberações, mesmo para a menor pressão hidrostática estudada, foram aproximadamente de 3,0 l/dia. As cápsulas porosas fabricadas com esta proporção, apresentaram porosidade, em média, de 20% - 22%, resistência mecânica de 5 kgf/cm² e condutividade hidráulica de 0,0054 $\pm$ 0,0007 cm/h. As cápsulas usadas por Olguín (s.n.t.) e Santos (1977) apresentaram condutividades hidráulicas que variaram entre 0,004 e 0,008 cm/h, enquanto Silva et al. (1978) encontraram valores de 0,001 a 0,003 cm/h, dependendo da temperatura de queima a que as cápsulas foram submetidas. Rendon (1979) utilizou as cápsulas porosas de forma cilíndrica, com condutividades hidráulicas, em média, de 0,0057 cm/h. Assim, com base na literatura publicada sobre cápsula porosa, pode-se concluir que o taguá apresenta resultados satisfatórios como matéria prima para confecção de cápsulas porosas. Por outro lado, o carbonato de cálcio natural é o componente que atribui porosidade ao material através do processo químico de queima. Verifica-se que, à temperatura de 900°C, ocorre a decomposição de carbonato e,

em conseqüência, tem-se a liberação de CO₂ da peça (cápsula porosa) que é responsável pela porosidade capilar final.

Teoricamente, os diâmetros dos poros ($< 5 \mu$) são inferiores aos das partículas coloidais geralmente presentes em suspensão, impedindo, assim, que ocorra penetração de partículas em suspensão no interior da peça, ocasionando obstrução dos seus poros.

Outra possível causa da diminuição da condutividade hidráulica das cápsulas, no decorrer do tempo, poderia ser a hidrodilatação ou "Wasserquellung" provocada pela presença contínua e prolongada da água em contato com as partículas argilosas (Lehnhäuser 1966). Os testes de hidrodilatação das cápsulas, em termodilatômetro, mostraram que as curvas de aquecimento e resfriamento se sobrepõem perfeitamente, o que não aconteceria caso tivesse ocorrido o efeito "Wasserquellung" (Fig. 4).



CURVA HIDRODILATOMETRIA DA CÁPSULA

FIG. 4. Curvas de hidrodilatação das cápsulas porosas.

Os resultados parciais do uso dessas cápsulas no campo foram apresentados por Silva et al. (1980a, b).

CONCLUSÕES

1. As cápsulas porosas, produzidas de acordo com a metodologia descrita, apresentaram liberações e resistência mecânica à compressão variáveis, dependendo das proporções de barbotinas A e B.

2. As modificações sugeridas permitem economia de 50% do comprimento da tubulação necessária para instalação do sistema, além de simplificar o processo de conexão, em virtude da presença dos bicos conectores. No entanto, sugerem-se testes de campo antes de qualquer iniciativa a nível comercial.

REFERÊNCIAS

- GARCIA, R.C.A. Efecto del riego por succión sobre la potencialidad de rendimiento de la fresa y eficiencia en el uso de agua. Chapingo, s.ed., 1977. 58p. Tese Mestrado.
- LEHNHÄUSER, W. Glasuren und ihre Farben. Düsseldorf, W. Knapp, 1966. p.213-4.
- OLGUÍN, P.C. Observaciones sobre el efecto del riego por succión en el rendimiento del maíz (Variedad H-507), en el Distrito de Riego n.º 41, Rio Yagui, Sonora. Chapingo, Esc. Nac. Agric., 1976. 18p.
- OLGUÍN, P.C. Riego por succión, descripción del método y avances en la investigación. s.n.t. 17p. Trabalho apresentado no I Seminário Nacional de Riego por Goteo, Hermosillo, México, 1975. Mimeografado.
- RENDON, P.L. Desarrollo y calibración preliminar de um modelo matemático para riego por succión. Chapingo, Esc. Nac. Agric., 1979. Tese Mestrado.
- SANTOS, E.D. Determinación de la evapotranspiración en trigo mediante riego por succión. Chapingo, Esc. Nac. Agric., 1977. 107p. Tese Mestrado.
- SANTOS, P. de S. Tecnologia de argilas. São Paulo, E. Bläucher, Ed. USP, 1975. v.1, p.148-9.
- SILVA, A. de S.; SANTOS, E.D. & MAGALHÃES, A.A. de. Introdução e avaliação do método de irrigação por sucção na região de trópico semi-árido. Recife, s.ed., 1978. 19p. (Boletim Técnico, 12).
- SILVA, D.A. da; GHEYI, H.R.; SILVA, A. de S. & MAGALHÃES, A.A. de. Irrigação por cápsula porosa. IV. Efeito de diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas na produção de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., São Paulo, SP, 1980. Anais... Brasília, ABID, 1980a. v.2, p.171-91.
- SILVA, D.A. da; SILVA, A. de S. & GHEYI, H.R. Irrigação por cápsula porosa. III. Avaliação técnica do método por pressão hidrostática. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., São Paulo, SP, 1980. Anais... Brasília, ABID, 1980b. v.2, p.150-70.
- VOYUTSKY, S. Colloid chemistry. Moscou, Mir, 1978. cap. 9, p.283-340.