

INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL PARA ESTUDO DA
DINÂMICA E DA EVOLUÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA NA
ZONA NÃO SATURADA

SZIKSZAY, M.*, CONSONI, A.J.*, GUIGUER, N.*, HASSUDA, S.*,
KIMMELMANN, A.A.**, PARISOT, E.**, SGAMBATO, F.* e YOSHINAGA, S.*

RESUMO--Neste trabalho estão apresentados os critérios usados na escolha de uma Estação Experimental e o procedimento de sua construção. São descritas as instalações de vários aparelhos assim como apresentação de definições e equações pertinentes aos seus funcionamentos. Estudos preliminares foram realizados e estão em vias de serem completados relativos a litologia, mineralogia e granulometria do perfil da Estação Experimental, assim como determinações físicas e químicas de amostras de água da zona não saturada e saturada.

ABSTRACT--In this paper the criteria for choosing the site of an Experimental Station are presented and the proceedings of the construction described. The installation of various instruments, definitions and equations pertinent to their function are also related. Preliminary studies were carried out and are on the way to be completed with respect to the lithology, permeability, mineralogy and granulometry of the Experimental Station's profile. The physical and chemical determinations of water samples taken from the unsaturated and saturated zone were also carried out.

INTRODUÇÃO

O crescente número de casos de poluição das águas subterrâneas leva a refletir sobre a proteção desses recursos. Um outro fator importante é de como explicar a origem das fácies químicas observadas na água da zona não saturada em diferentes níveis.

A maior parte dos estudos sobre a mineralização da água subterrânea consiste em observações dos resultados globais no seu estado final, não levando em conta as variações na composição química durante sua percolação através da zona não saturada, sem saber se esta mineralização ocorre rápida ou lentamente.

Muitos estudos sobre percolação da água na zona não saturada têm sido realizados em vários laboratórios de vários países notadamente na França e Estados Unidos da América do Norte. Torna-se necessário, no entanto, um estudo experimental em condições natu-

* Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (IG/USP). Caixa Postal 20.899.

**Centro de Pesquisas de Água Subterrânea (CEPAS), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

rais, onde possa ser realizado um monitoramento de todas as variações que ocorrem na zona não saturada, tanto do ponto de vista da dinâmica das águas, como da sua composição química. Trabalhos desse gênero foram realizados na França (LALLEMAND-BARRÈS, 1972 e 1973 e LAFFITE, 1980, entre outros). Para comparar os resultados obtidos em condições idealizadas com os em condições reais, passou-se à construção e ao monitoramento da Estação Experimental. A presente Estação representa a primeira tentativa brasileira neste sentido.

Com este objetivo foi instalada uma Estação Experimental no Campus da Universidade de São Paulo, onde se propõe estudar os seguintes itens:

- a transferência da água na zona não saturada (evaporação e/ou infiltração);
- a evolução da composição química da água a partir da água de chuva, através da zona não saturada até o aquífero;
- o comportamento (propagação, dispersão e tempo de residência) de diversos tipos de poluentes.

Um outro objetivo, não menos importante, é a possibilidade de um treinamento no uso de técnicas de campo para estudos na zona não saturada.

A ESTAÇÃO EXPERIMENTAL

Na escolha do local para instalar a Estação Experimental os seguintes fatores devem ser levados em consideração:

- a) o nível hidrostático (NH), deve se encontrar pelo menos a 1 m abaixo do nível do fundo da escavação, mesmo na época das chuvas;
- b) a presença de uma camada de sedimentos no mínimo de 5-6m de espessura;
- c) preferência para rochas sedimentares não autóctones e não manto de decomposição;
- d) preferência para areias e não argilas.

Para cumprir estes requisitos, antes de começar a escavação propriamente dita, foram executadas algumas sondagens para determinar o local adequado.

Assim sendo, escolheu-se o local com características que mais se aproximaram do desejado, numa área que se encontra em seu estado original, ou seja, não foi retrabalhada antropicamente, situada no Viveiro de Plantas da Cidade Universitária, (Fig. 1).

Foram realizadas três sondagens de reconhecimento do terreno e nos três locais foram implantados poços de observação, indicados como P1, P2 e P3 na Figura 1. As sondagens foram executadas com 2 1/2" de diâmetro e os poços foram revestidos com tubos de PVC de 1 1/2", com ranhuras no último metro servindo de filtro e com cascalho a sua volta como pré-filtro.

A Estação Experimental foi localizada no local da terceira sondagem (P3) numa cota de 748 m sendo que o nível de água neste local está, aproximadamente, a 9,36 m abaixo do nível da superfície. O perfil litológico desta sondagem mostra a sequência de areias de diferentes granulações e colorações com intercalações de argila siltosa (Fig. 2) da Formação de São Paulo, de idade ter



Fig. 1- MAPA DE LOCALIZAÇÃO
VIVEIRO DE PLANTAS - USP, SÃO PAULO

ciária (SUGUIO, 1980).

A Figura 3 mostra as dimensões da Estação Experimental.

Foi feito o revestimento das paredes com placas de concreto para evitar a evaporação e o escoamento da água do solo. Como se observa na planta foram feitas valas para captação das águas pluviais e de escoamento. A escavação é coberta e cercada. Tentou-se ao máximo, não alterar muito as condições originais do terreno. Em torno da Estação se providenciou um revestimento de vegetação, tentando facilitar a infiltração.

Durante a escavação foram realizados diversos estudos preliminares, tais como: acompanhamento da variação do NH nos 3 poços de observação ou piezômetros e no poço; coleta de material para estudo litológico, mineralógico e granulométrico do perfil da escavação; testes de permeabilidade e análises químicas preliminares da água nos piezômetros e no poço.

Amostras de sedimentos foram coletadas de 0,50 em 0,50 m a partir da superfície do solo até o nível hidrostático.

Os estudos preliminares forneceram os seguintes dados:

a) Perfil litológico (Fig. 2).

Como se observa na Figura 2 (o perfil do P3 corresponde mais ou menos ao perfil litológico da escavação), da superfície até 1,5 - 1,8 m de profundidade o perfil é composto de solo seguido por camada de argila siltosa marrom. Logo abaixo do fundo da escavação (+ 3 - 4 m da superfície) observou-se a camada de areia cinza de granulação grossa, seguida por diversas camadas de argilas, argilas siltosas, siltes e mais ou menos a 1 m a partir do fundo da escavação encontrou-se somente areia branca de granulação grossa. Entre 7,5 - 8,0 m na areia apareceu argila cinza depois vermelha, cinza de novo e depois continua areia branca de granulação grossa.

b) Determinação de coeficientes de condutividade hidráulica e variação do NH

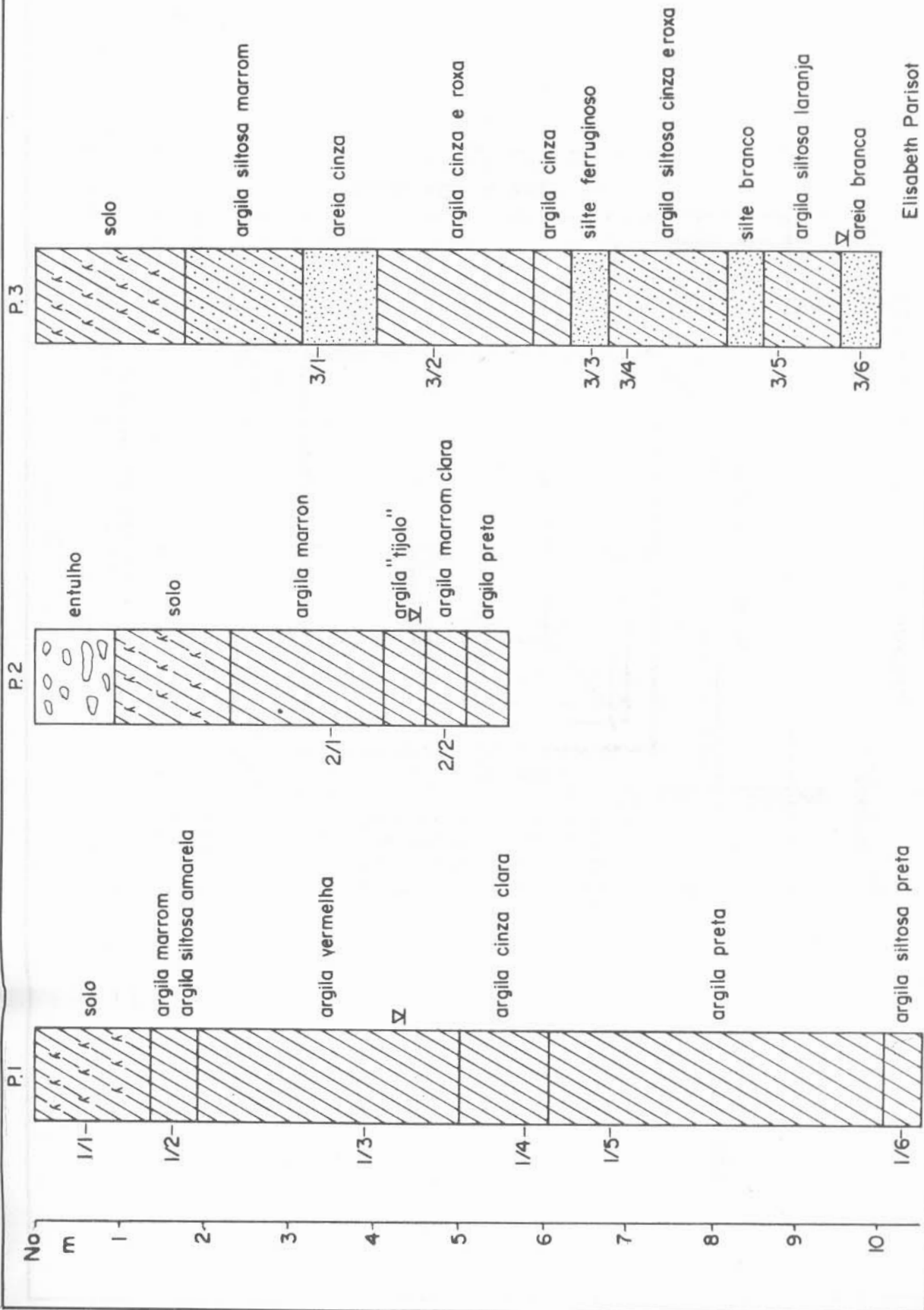
Foram realizados testes para determinação de coeficiente de condutividade hidráulica em amostras indeformadas do solo de 0,50 em 0,50 m até a profundidade da escavação (3,50 m). Os testes foram realizados em permeâmetros de carga constante e forneceram uma variação de valores de $3,7 \times 10^{-3}$ cm/s nas camadas mais arenosas até $8,4 \times 10^{-6}$ cm/s nas mais argilosas.

O nível hidrostático dentro do poço pré-existente e dos três piezômetros instalados vem sendo medido semanalmente por um período de dez meses, através de um medidor de nível eletrosonoro. A pluviosidade é medida diariamente através de um pluviômetro instalado nas proximidades da Estação. Através de correlações estatísticas entre níveis hidrostáticos e índices pluviométricos determinou-se que estes índices influenciam diretamente os níveis e que a água de chuva leva em média três semanas para atingir o lençol freático.

c) Análise da composição química da água do poço e dos piezômetros

Para ter uma idéia sobre as diversas propriedades das águas

Fig 2 - PERFÍS DOS POÇOS COM LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS
VIVEIRO DE PLANTAS - USP, SÃO PAULO



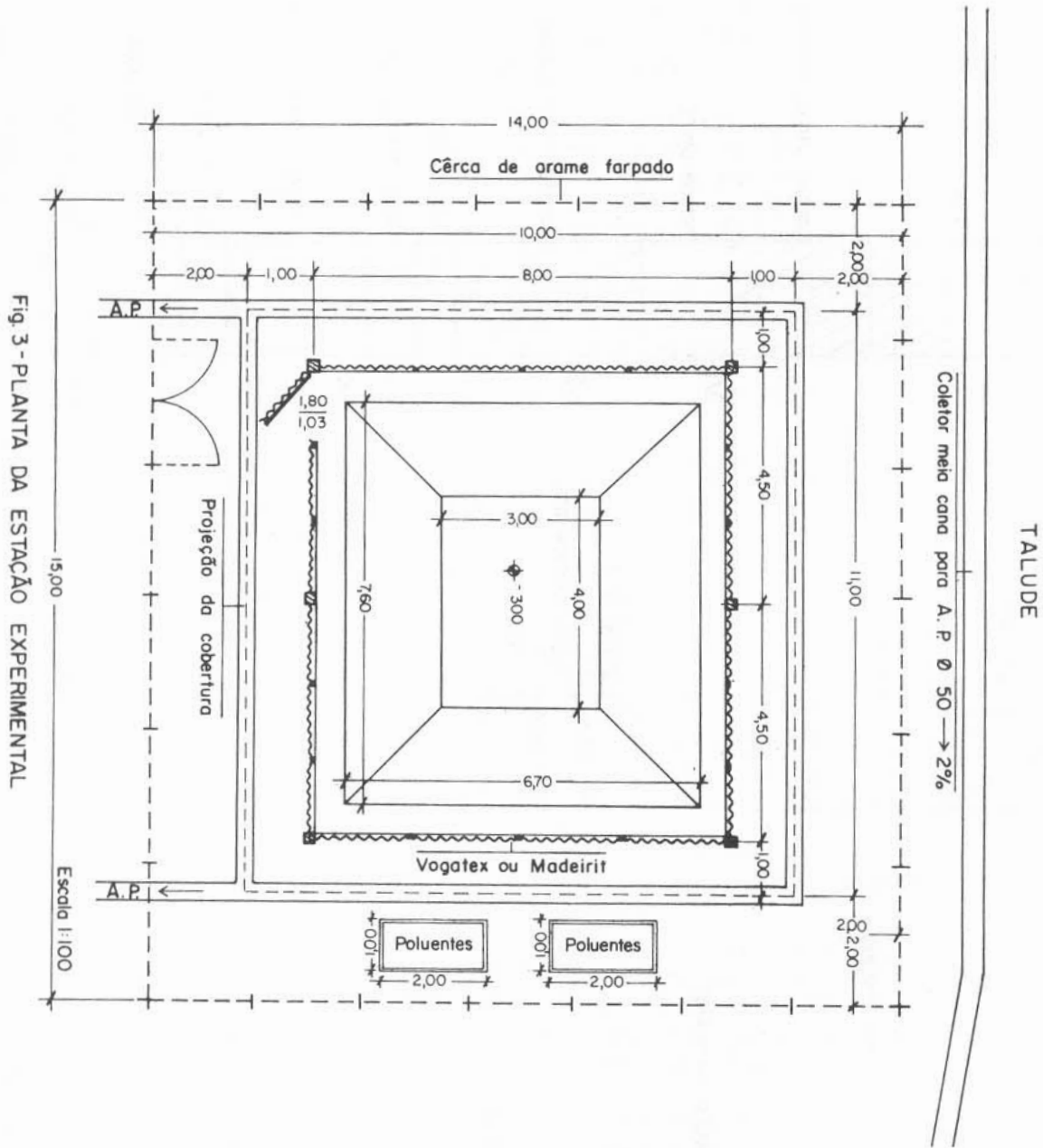


Fig. 3 - PLANTA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL

a serem estudadas, algumas análises preliminares foram realizadas.

Pelas análises preliminares das águas do poço pode se observar que essa água tem uma condutividade elétrica baixa (43,5 - 60,2 μS a $T = 25^\circ\text{C}$) indicando, portanto, um baixo teor de Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Com os resultados das análises de elementos e compostos poder-se-ia classificar essa água como bicarbonatada sódica.

A água do P1 apresenta condutividade elétrica alta (278 μS a $T = 25^\circ\text{C}$), portanto os STD bem mais elevados, o que está de acordo com o fato que esta perfuração é bem mais profunda e a circulação das águas ocorre em profundidade, lixiviando terrenos predominantemente argilosos onde as dissoluções são mais intensas. É uma água também bicarbonatada sódica.

Os resultados da análise preliminar da água do P2 demonstraram que se trata de uma água que se pode classificar como bicarbonatada sódica também.

Análises de água do PF (piezômetro no fundo da escavação) não podiam ser realizadas por não se ter água suficiente.

Os estudos de análises mineralógicas e de granulometria estão sendo realizados atualmente e serão apresentados em próximo trabalho.

Depois de completada a parte interna da Estação começaram as instalações dos aparelhos, simultaneamente com os trabalhos externos.

Instalou-se um poço de observação ou piezômetros de 4" de diâmetro (PF) no fundo da escavação, com profundidade de 8,9 m a partir do fundo. O NH estava a 7,80 m abaixo do fundo da escavação (PF - Fig. 4).

OS APARELHOS

Os seguintes aparelhos foram instalados:

1 - Tensiômetros

1.1 - Descrição

Para a melhor compreensão da utilização dos aparelhos, apresenta-se algumas definições e equações pertinentes aos seus funcionamentos (RICHARDS and GARDNER, 1936 e LALLEMAND-BARRÈS, 1969 e 1970).

A velocidade de Darcy ou fluxo "u" é a descarga que se escoia através de uma secção horizontal unitária do solo. Este valor corresponde a quantidade de água atravessando uma superfície e não uma velocidade particular.

Para os escoamentos na zona não saturada, escreve-se:

$$u = - K (\theta) \text{ grad } \phi$$

u = fluxo ou descarga

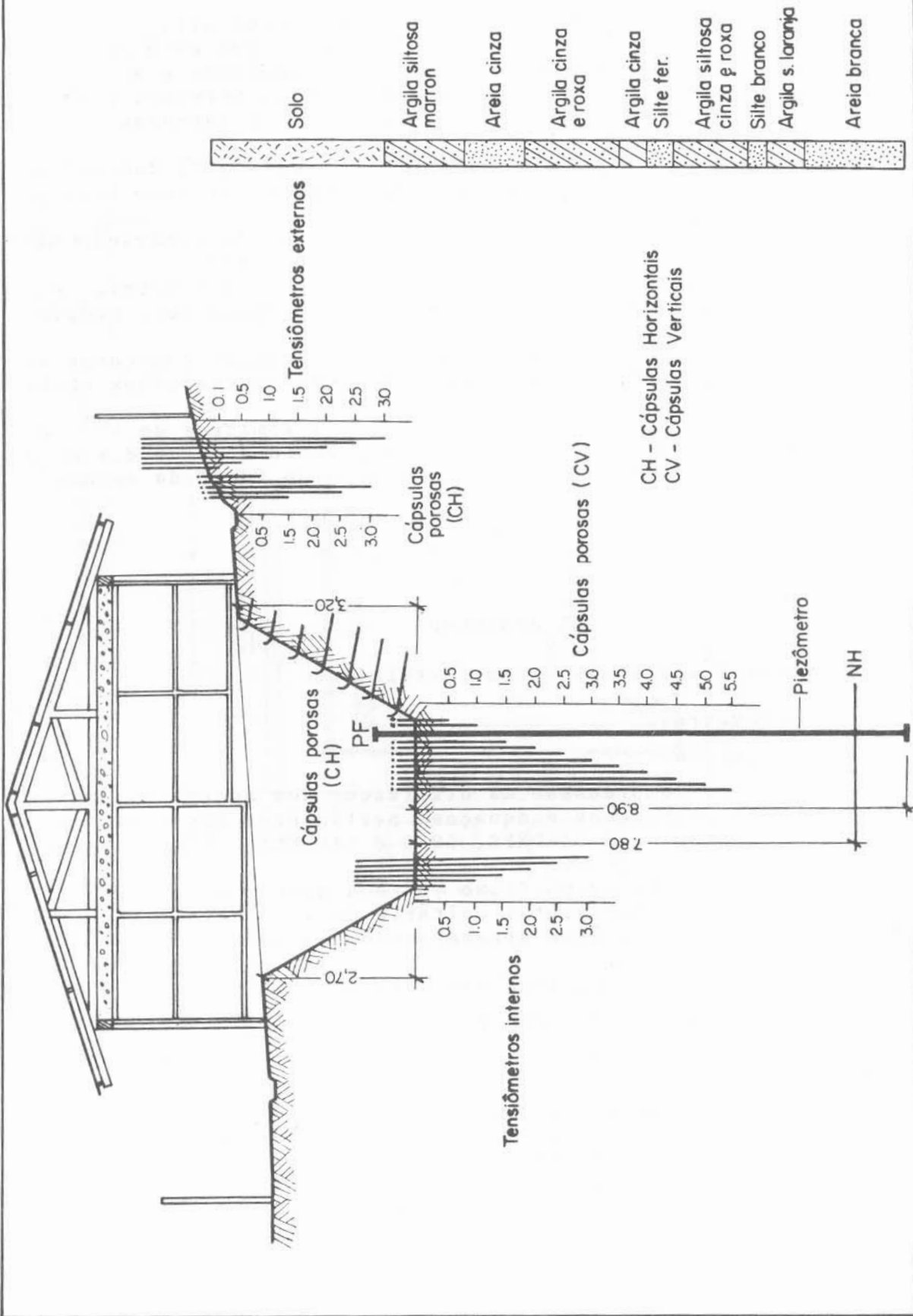
θ = conteúdo de água

K = permeabilidade

ϕ = potencial

Admite-se que o escoamento é para baixo se $u > 0$, ou seja, quando o gradiente é negativo. Isso corresponde a infiltração. Se o grad $\phi > 0$, u será < 0 , portanto evaporação. Se o grad $\phi = 0$, isso corresponde ao equilíbrio ou fluxo nulo.

Fig.4 - PERFIL DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL



A força com que a água é retida no solo é a sucção, ou a tensão capilar ψ , se se toma como referência a pressão atmosférica. Define-se o potencial capilar:

$$\phi = \psi - Z$$

O eixo de Z tendo por origem a superfície do solo e estando orientado para baixo. ψ é a sucção medida no tensiômetro e Z é a cota. A expressão $\phi = \psi - Z$ é uma expressão algébrica, ψ sendo negativo quando o solo não está saturado.

A partir de tensiômetros situados nas cotas Z_1 e Z_2 etc, pode se obter os potenciais a diferentes cotas e a tempos diferentes. Calcula-se o gradiente da potencial:

$$\frac{\text{pot. } 2 - \text{pot. } 1}{Z_2 - Z_1} = \text{grad}_1 \text{ a } 2$$

A permeabilidade "in situ" também pode ser determinada a partir das medidas obtidas. É suficiente aplicar a fórmula: $u = -K(\theta) \text{ grad } \phi$. Para cada camada de solo a um tempo dado tem-se o grad ϕ e u, de onde deduz:

$$K(\theta) = - \frac{u}{\text{grad } \phi}$$

Ainda com os tensiômetros se pode determinar a velocidade de percolação também, seguindo:

$$v = \frac{L}{\Delta t}$$

L = profundidade da colocação do tensiômetro.

Δt = intervalo de tempo separando o início da chuva no momento que o tensiômetro reagiu até que a chuva e a umidade do solo diminuam e a tensão monte. Essa velocidade não é a velocidade de infiltração, mas de transferência de pressão, e não de umidade.

Assim, o solo possui uma força de sucção a qual pode ser medida através da colocação de tensiômetros no local que se deseja medir. O tensiômetro é um aparelho destinado a medir, portanto, a sucção ou o potencial (carga) da água no solo. É constituído de uma cápsula porosa que coloca em relação a água do terreno com a água contida no interior do tensiômetro. O tensiômetro é ligado a um sistema de medida de pressão que pode ser ou um manômetro de mercúrio ou um captador de pressão. Em equilíbrio, o potencial no interior da cápsula é igual ao potencial da água no terreno e a medida da pressão permite conhecer este último.

A medida da pressão intersticial da água em meio poroso exige o contato da água do material com a água livre por intermédio de uma barreira adequada. E essa barreira é o sistema de medida tensiométrica.

O tensiômetro consta de três partes: na extremidade inferior encontra-se a cápsula porosa de cerâmica permeável, um tubo plástico que liga a cápsula porosa com o sistema de medida (Fig. 5).

Quando o solo é saturado, a pressão P da água no solo é igual a pressão P da água no tubo. Partindo de um estado de equilíbrio,

impondo para a cápsula porosa uma depressão ΔP o que provoca um deslocamento ΔV da coluna do mercúrio, a sensibilidade (S) do aparelho é dado por:

$$S = \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad \text{ou} \quad S = \frac{\Delta \psi}{\Delta V}$$

$\Delta \psi$ = variação da sucção

ΔV = variação do volume de água no tensiômetro.

A permeabilidade (K') ou condutância da cápsula porosa é dada por:

$$K' = \frac{V}{t \times \Delta P}$$

e o tempo de resposta é:

$$t = \frac{1}{K' \times S}$$

O sistema de medida geralmente utilizado é o manômetro de mercúrio (Fig. 5).

O tensiômetro pode ser implantado verticalmente a partir da superfície ou horizontalmente a partir de um poço ou escavação. O tubo é colocado no solo a uma profundidade onde se deseja efetuar a medida de pressão intersticial.

Desde que o solo seca, uma sucção se exerce através da cápsula porosa, criando um vácuo parcial na água contida no tubo. A medida dessa depressão com um sistema manométrico permite determinar diretamente a pressão intersticial. Quanto mais o solo é seco, tanto mais o mercúrio no tubo manométrico se eleva, por outro lado, quando o solo se umedece (infiltração da chuva ou irrigação) a água do solo se escoar na direção do tensiômetro reduzindo o vácuo parcial na água do tubo, o que produz um abaixamento do nível do mercúrio no tubo manométrico.

O funcionamento do aparelho é o seguinte:

Sendo ξ a subida do mercúrio no manômetro (expresso em cm) e Y a distância do solo, o eixo Z está orientado para baixo (Fig. 5).

Ao nível da interface água/mercúrio no manômetro a pressão P é a mesma na água e no mercúrio P_A . A repartição da P é hidrostática na coluna de água entre o ponto A e o tensiômetro (ponto E), mas também entre o ponto A e a superfície livre do mercúrio no reservatório (ponto B).

Pode-se escrever:

- na água, entre A e E

$$P_E = P_A + \rho_w g (\xi + Y + Z) \quad (1)$$

onde ρ_w é a densidade volumétrica da água.

- no mercúrio entre A e B

$$P_B = P_A + \rho_{Hg} g \xi \quad (2)$$

onde ρ_{Hg} é a densidade volumétrica do Hg; o nível do Hg estando em B a atmosfera tem-se ainda mais:

$$P_B = P_0 \text{ (P atmosférica)}$$

Seja, eliminando P_A de (1) e (2):

$$P_E = (P_0 - \rho_{Hg} \xi) + \rho_w g (\xi + Y + Z) \quad (3)$$

Seja P_w a pressão P da água no solo ao nível da cápsula porosa. Por convenção, caracteriza-se este valor sob forma de uma pressão efetiva, expressa em altura de água que define-se por:

$$h = \frac{P_w - P_0}{\rho_w g} \quad (4)$$

Supondo-se que a pressão da água está em equilíbrio entre o interior e exterior da cápsula porosa, seja $P = P_E$, a expressão (3) se torna:

$$h \rho_w g + P_0 = P_0 - \rho_{Hg} \xi + \rho_w g (Y + Z)$$

Seja, com $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g/cm}^3$ e $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$

$$h = -12,6 \xi + Y + Z \quad (5)$$

ou ainda, introduzindo a carga hidráulica sob forma:

$$H = h - Z \quad (6)$$

$$H = -12,6 \xi + Y \quad (7)$$

Para obter a pressão P , é suficiente utilizar a relação:

$$h = H + Z$$

O manômetro de mercúrio no tensiômetro "APAGER" utilizado nesse estudo é graduado em cm. A sucção do solo em cm de água é obtida pela fórmula:

$$H = 12,6 L$$

onde:

L = leitura (cm de Hg)

H = sucção do solo (cm de H₂O)

1.2 - Instalação

Os tensiômetros acima mencionados foram preparados antes da sua implantação da seguinte maneira: as cápsulas porosas dos tensiômetros foram saturadas antes da sua implantação. Este se processou com a imersão durante 24 horas em água destilada até a sua colocação.

Os tensiômetros foram instalados em dois locais diferentes. Uma bateria de 6 tensiômetros foi colocada no interior e no fundo da escavação e outros 7 tensiômetros fora (Fig. 4).

A bateria de 6 tensiômetros no interior foi colocada da se-

guinte maneira: profundidades de 0,50 m (T_i-1); 1,0 m (T_i-2) ; 1,5 m (T_i-3); 2,0 m (T_i-4); 2,5 m (T_i-5) e 3,0 m (T_i-6). Os tensiômetros acima mencionados foram distanciados de 20 cm um do outro. Fora no terreno (Fig. 4) foram colocados 7 tensiômetros com profundidades de 0,10 m (T_e-1); 0,50 m (T_e-2); 1,0 m (T_e-3); 1,5 m (T_e-4); 2,0 m (T_e-5); 2,5 m (T_e-6) e 3,0 m (T_e-7).

Para sua implantação foi aberto o furo com trado de 1 1/8". No fundo desta perfuração foi colocada uma pasta de pó de sílica (# 200 mesh) com água para evitar o entupimento dos poros da cápsula porosa. Depois que os tubos com as cápsulas foram colocados, esses tubos foram preenchidos com água destilada e fervida (para eliminar as bolhas de ar contidas na água). Na água foram colocadas também algumas gotas de CuSO₄ para impedir o desenvolvimento de algas que poderia desprender gases e portanto, alterar a pressão. Em seguida, mangueiras plásticas preenchidas com água foram conectadas aos tensiômetros. Depois foi injetado o mercúrio (5 ml de Hg para cada recipiente).

2 - Cápsulas porosas para coleta de amostra de água

2.1 - Descrição

A amostragem "in situ" de água no meio não saturado necessita de amostradores particulares. Estes são constituídos de cápsulas porosas prolongadas por um tubo de PVC e fechadas por uma rolha (WOOD, 1973 e BERNARD et al, 1977). Para retirar a água precisa se criar no interior da cápsula uma pressão mais negativa que a sucção existente no terreno. O volume retirado depende da diferença de sucção entre o terreno e a cápsula porosa, da duração da amostragem, da permeabilidade do terreno e da qualidade do contato entre cápsula e terreno.

A Figura 6 mostra o funcionamento da retirada da água da cápsula porosa.

2.2 - Instalação

A - Cápsulas horizontais

Está prevista a instalação de 6 fileiras de cápsulas porosas. Cada fileira tem diferentes maneiras de instalação que servirá para comparações futuras.

Atualmente 2 fileiras foram instaladas. A fileira I-C consta de 7 cápsulas distanciadas a 50 cm uma da outra no vertical (Fig. 7).

As 3 primeiras cápsulas, a partir do fundo da escavação, tem 1 m de comprimento e as 4 superiores 50 cm de comprimento. Foram instaladas da seguinte maneira: perfuração horizontal de 3" com uma pequena inclinação. No fundo foi colocada pasta de pó de sílica (# 200 mesh) onde foi implantada a cápsula. O restante da perfuração foi preenchida com uma pasta preparada com o material retirado da perfuração. Depois de colocadas as 7 cápsulas a fileira foi cimentada.

A fileira VI-C consiste de 6 cápsulas. As 3 inferiores de 1 m de comprimento e as 3 superiores de 50 cm de comprimento. A insta

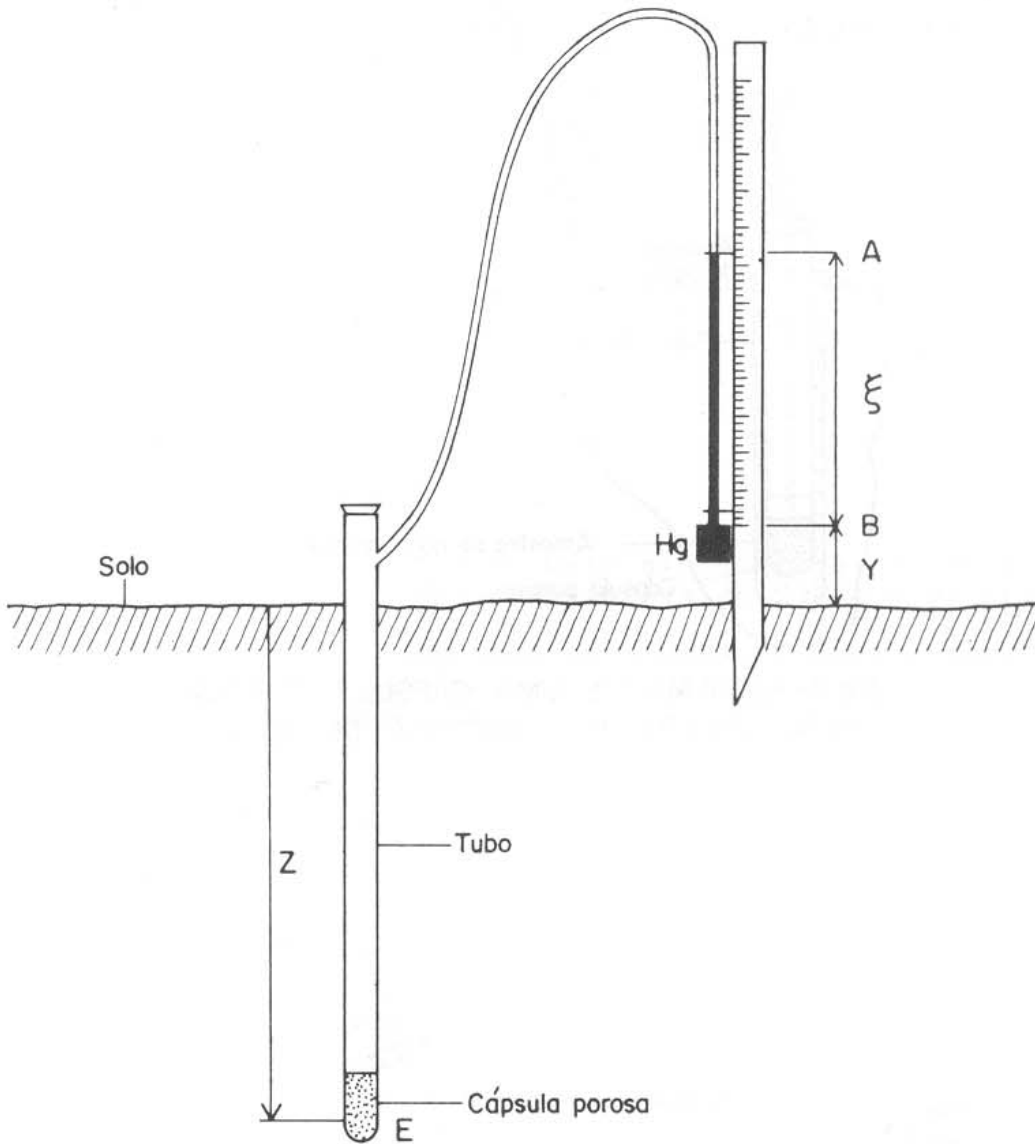


Fig.5 - ESQUEMA DE UM SISTEMA DE MEDIDA

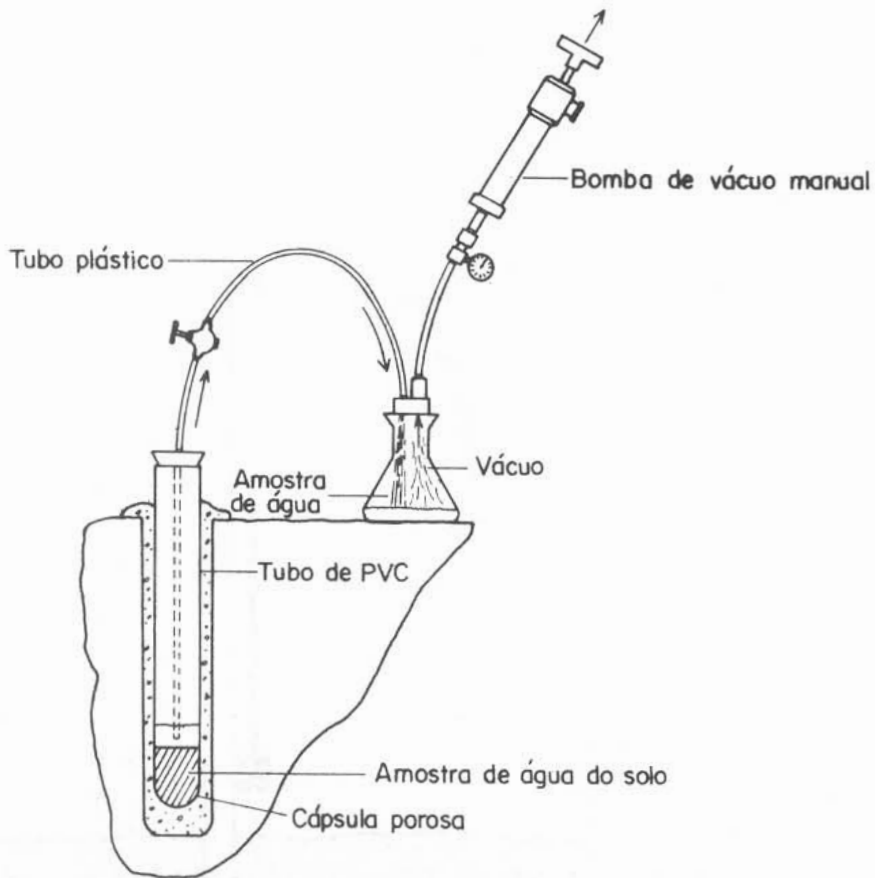


Fig.6 - ESQUEMA DE UMA CÁPSULA POROSA PARA COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

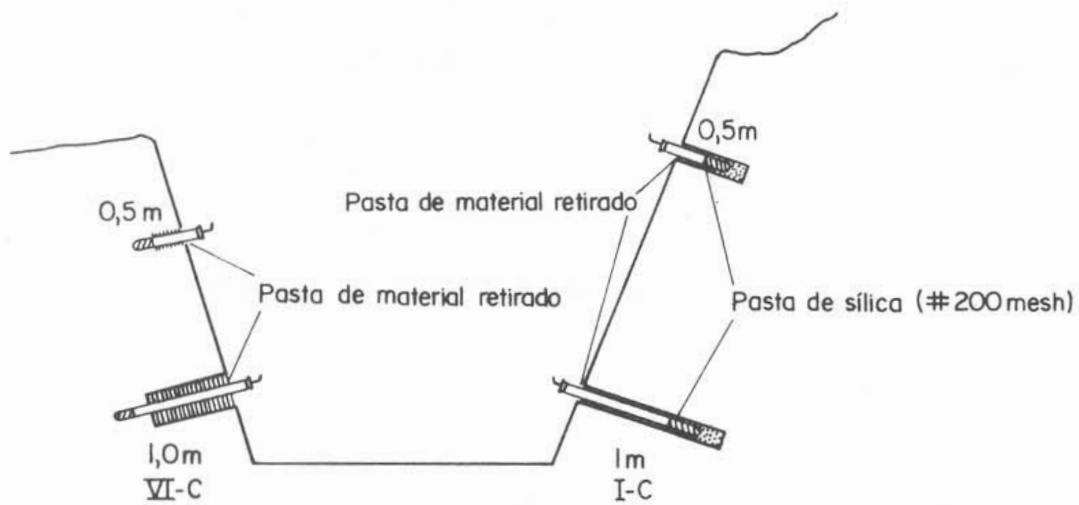


Fig.7 - ESQUEMA DA INSTALAÇÃO DAS CÁPSULAS HORIZONTAIS

lação foi feita da seguinte maneira no caso das cápsulas de 1 m de comprimento: a perfuração com 3" foi feita até 0,50 m e o 0,50m restante foi perfurado com 2", que é o diâmetro das cápsulas (Fig. 7). Aqui não foi colocada a pasta de sílica. A cápsula está em contato com o terreno e o restante é preenchido com uma pasta feita com o material retirado da perfuração.

B - Cápsulas verticais

No fundo da escavação (Fig. 4) foram colocadas cápsulas porosas nas seguintes profundidades: 0,50 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m; 3,0 m; 3,5 m; 4,0 m; 4,5 m; 5,0 m e 5,5 m. Durante os trabalhos de instalação das cápsulas verticais foram feitos testes de descompressurização das cápsulas já instaladas para verificar a quantidade de água que se pode obter e quanto tempo é necessário para sua obtenção. Após aplicação de uma pressão de 400 mm Hg para cada cápsula horizontal e vertical, depois de 2 a 4 dias, as quantidades foram verificadas. Essas, variavam de 50 a 4000 ml dependendo de profundidade e pluviosidade.

O monitoramento tanto dos tensiômetros como das cápsulas porosas começou nos fins do mês de outubro de 1985.

AGRADECIMENTOS

Queremos expressar os nossos mais sinceros agradecimentos a Prefeita Prof^a Dra. Maria Adélia Aparecida de SOUSA e os engenheiros da Prefeitura da Cidade Universitária: Irineu GNECCO Filho, Rui Fernando de NÓBREGA, Henry Lesjak MARTOS, Irwandro Roberto PIRES pela valiosa colaboração na execução dos trabalhos referentes a construção da Estação Experimental assim como a FUNDUSP na pessoa do arquiteto Mário Rosa SOARES na execução de perfurações dos poços de observação e pela planta da Estação Experimental.

Nossos melhores agradecimentos a Fundação ao Amparo de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela ajuda financeira.

BIBLIOGRAFIA

- BERNARD, D., BONNET, M., BROSSIER, G. et LANDREAU, A. - 1977 - Équipement d'un site expérimental pour l'étude in situ de l'acquisition de la composition chimique de l'eau au cours de l'infiltration à travers la zone non saturée - BRGM - 77 SGN 607 HYD.
- LAFFITE, Ph. - 1980 - Contribution à l'étude des transferts d'eau et de solutés dans la zone non saturée par traçage isotopique et cationique en régime de pluviosité naturelle - Thèse, 3^{ème} cycle - Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- LALLEMAND-BARRÈS, A. - 1969 - Possibilités offertes par les méthodes de traçage pour l'étude du mouvement de l'eau dans la zone non saturée - BRGM - 69 SGL 281 HYD.
- LALLEMAND-BARRÈS, A. - 1970 - La méthode tensiométrique pour l'étude des mouvements de l'eau dans la zone non saturée, BRGM - 70 SGN 243 HYD.

LALLEMAND-BARRÈS, A. - 1973 - Détermination "in situ" des transferts d'eau en zone non saturée a la station expérimentale d'Orléans-La Source - 73 SGN 275 AME.

RICHARDS, L.A. and GARDNER, W. - 1936 - Tensiometers for measuring the capillary tension of soil water. Journ. Amer Soc. of Agronomy N° 28.

SUGUIO, K. - 1980 - Síntese dos conhecimentos sobre a sedimentação da Bacia de São Paulo. In: Mesa Redonda sobre aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, 1980. Publicação especial, São Paulo, SBG/ABGE.

WOOD, W.W. - 1973 - A technique using porous cups for water sampling at any depth in the unsaturated zone. Water Resources Research - Vol. 9, n° 2.