

A Utilização de um novo Material para Estudo, em Modêlos, do Transporte e Deposição de Matérias Sólidas pelas Correntes de Água.

Coronel LEONINO JUNIOR

Engenheiro Civil e Militar — Professor e Chefe do Departamento de Construção do Instituto Militar de Engenharia.

I — Prefácio

Este trabalho foi apresentado pela 1.^a vez no Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, realizado em Montevideo (Outubro de 1960).

Teve por decisão unânime do plenário, o seguinte conceito que muito nos honra:

“Analisado o trabalho do Professor Engenheiro Civil Tenente-Coronel LEONINO JÚNIOR sobre a “Utilização de um novo material para estudo, em modelos, do transporte e deposição de matérias sólidas pelas correntes de água”, dado que traduz um labor de estudo digno dos maiores elogios, um exemplo valioso da importância da investigação sobre modêlos nos problemas de Hidráulica, em auxílio da teoria, e mostra um avanço sobre os precedentes, com respeito ao material sólido utilizado, depois de uma seleção cuidadosa, e a aplicação de um recurso nacional,

Resolve:

1 — Publicar o interessante trabalho do Professor Engenheiro Civil Tenente-Coronel LEONINO JÚNIOR, sobre “A utilização de um novo material para estudo, em modêlos, do transporte e deposição de matérias sólidas pelas correntes de água.”

De lá para cá temos continuado a trabalhar com o pó de café nas condições indicadas e nos casos mais variados. Outros laboratórios, através do conheci-

mento da nossa tese, também têm empregado largamente o material.

O sucesso tem sido pleno e o emprêgo se divulga cada vez mais.

Temos tido, para melhor esclarecimento, a oportunidade de comparar o seu emprêgo com outros materiais modernos, de difícil obtenção, de alto custo, indicados por experimentadores altamente credenciados. Em nada tem ele ficado a dever.

Temos estudado o material à luz dos mais recentes desenvolvimentos teóricos sobre o assunto; êle tem correspondido plenamente, enquadrando-se nas fórmulas e teorias mais complexas, em condições altamente favoráveis.

Detalhes outros de utilização têm surgido, mostrando-se, por exemplo, o pó de café, excelente material da categoria dos chamados “traçadores”, indicando claramente as tendências, as linhas, as perturbações dos escoamentos.

Tôdas as nossas previsões sobre as suas consideráveis vantagens de utilização, têm sido ampla e plenamente confirmadas.

Recebemos, recentemente, no Brasil, a honrosa visita do professor Fergus Allen, Diretor de Pesquisas Hidráulicas do Reino Unido. Apreciando o emprêgo do pó, mostrou-se êle entusiasmado com os resultados, solicitando-nos autorização para verter o trabalho para a língua inglêza.

Em consequência dos sucessos constatados, tivemos alento para dar-lhe

maior divulgação, na certeza de que êle se tornará cada vez mais útil e mais empregado na técnica especializada da Hidráulica Experimental.

Estas são as razões que nos levam a apresentá-lo na Revista do D.A.E., que mais uma vez nos concede a honra de publicar trabalhos de nossa lavra.

Ainda uma vez expressamos o nosso reconhecimento por isso, e, através da ampla divulgação que tem esta revista, esperamos levá-lo ao conhecimento de mais outros colegas, voltados, como nós, para os belos e vastos campos da experimentação na Hidráulica, que certamente, como nós, também terão orgulho e satisfação em empregar nos seus trabalhos o grande produto nacional.

II — GENERALIDADES

Todos aqueles que conhecem a técnica do trabalho com modelos reduzidos em hidráulica, sabem as dificuldades que surgem quando se trata de reproduzir, no modelo, com suficiente fidelidade, fenômenos de transporte de matérias sólidas.

Os estudos até hoje realizados sobre o assunto e o conseqüente desenvolvimento teórico obtido, apesar da evolução incessante da Mecânica dos Fluidos, a pouco têm nos conduzido, a não ser em casos ideais, mediante condições pouco variáveis, pré-estabelecidas. Fórmulas existem portanto, mais ou menos complexas, desde as simples e particularíssimas expressões de Kennedy, até as mais complexas equações de Mayer-Peters e outros. Quando porém, se vê o engenheiro diante de fenômenos dessa natureza, sujeitos, quase sempre, às múltiplas e imprevisíveis condições naturais, pouco auxilio prestam essas fórmulas, à proporção que a situação abordada cada vez mais se afasta das hipóteses simplificadoras admitidas. Há que apelar, então, em cada caso particular, para observações sobre modelo e necessário se torna, ao experimentador obter do seu instrumento de pesquisa, a reprodução adequada dos fenômenos em estudo.

Surge então um processo de tentativas, para o qual muito colaboram o discernimento e a habilidade do pesquisador, para obtenção do material adequado, que dentro da escala dos tempos que fôr estabelecida, também experimentalmente, permite seja o modelo considerado ajustado.

Em face de fenômenos naturais observados e medidos, em espaços de tempo extremamente variáveis de um caso para outro, lidando com materiais das mais diversas procedências, que a natureza em seus caprichos mistura e dosa, tem o experimentador que lançar mão, entre as parêdes do seu laboratório, de substâncias adequadas, muitas vezes inteiramente diferentes daqueles que foram observados na natureza, para que o seu modelo funcione como fiel reproduutor desses fenômenos.

Assim é que, através dos tempos, às voltas com cada problema específico, têm-se utilizado os mais variados materiais.

O precursor Osborne Reynolds, nos seus clássicos estudos do estuário do Mersey, usou areia com determinadas características.

Outros tem utilizado, também, areia, pedra pomes moída, carvão, misturas diversas.

Modernamente, matéria plástica granulada tem sido empregada, com excelentes resultados. Trata-se, porém, de material de custo elevado.

As situações, para quem aprecia o desenvolvimento da hidráulica experimental de longa data, tem sido as mais variáveis e para cada caso têm os pesquisadores agido por tentativas e obtido aquilo que o espírito inventivo, o bom senso e a experiência lhes indicaram.

III — O NOVO MATERIAL

Recentemente, no estudo de um canal condutor de efluentes de esgotos para o Departamento de Esgotos Sanitários da Superintendência de Urbanismo e Saneamento (SURSAN) do Estado da Guanabara, tivemos que abordar o problema do transporte de matérias sólidas, quando consideramos o caso do efluente crú, ou seja, do esgoto não tratado, lançado no canal.

Como sempre, de acôrdo com o que a teoria e a experiência indicam, desdobramos o caso do material que poderia ser conduzido pelas correntes:

- em suspensão;
- por carreamento.

Êste último, constitui o chamado material de fundo, cuja progressão se dá, como se sabe:

- por rolamento;
- por saltos.

Em consequência das limitações impostas pela escala de 1/50 adotada, não pudemos, para obtenção das condições de semelhança, utilizar, no modelo, o próprio efluente natural. Tivemos então que pesquisar o material conveniente que nos permitisse no modelo, mediante dosagem adequada, de acôrdo com o que havia sido medido no efluente natural, obter condições de reprodução dos fenômenos naturais.

Começamos então a ensaiar com os materiais que passaremos a citar, na ordem de preferência, em face dos resultados obtidos, com suas vantagens e inconvenientes apresentados:

- a) Papel picado irregularmente — Sêco, não aprovou, pois devido ao seu baixo pêso específico e a fenômenos de tensão superficial, muito sensíveis no modelo, manteve-se inteiramente na superfície e houve franca tendência para aderir às parêdes do conduto. Quando umedecido, melhorou de conduta, mas só se prestou ao estudo do material em suspensão;
- b) Serragem de madeiras diversas — Apresentou os mesmos inconvenientes do papel;
- c) Areia de diversas qualidades — Revelou-se muito pesada. Não permitiu observação do material em suspensão e, com relação ao material de fundo, deu resultados inferiores ao que se desejava;
- d) Ebonite em pó — Revelou-se melhor do que os materiais anteriormente citados, mas mostrou acentuado desequilíbrio na distribuição, com predominância para os extremos, isto é, houve acentuada predominância do material, exclusivamente no fundo e exclusivamente em suspensão, fugindo ao que o bom senso e a observação nos haviam indicado, no exame dos fenômenos naturais;
- e) Terra vegetal — Colhida nas encostas do morro do Pão de Açúcar, revelou-se material bem adequado, tendo sido empregado com muito sucesso. Não é, porém, dadas às suas qualidades e características, extremamente vagas e variáveis,

material que se possa indicar, de um modo geral, para pesquisas semelhantes. Poderia assim, um pesquisador situado em outro país, empregar material semelhante ao nosso? Como obter, em condições naturais inteiramente diferentes, terra vegetal idêntica à que foi colhida nas encostas do morro de Pão de Açúcar?

- f) Pó de café, moido. — Eis aqui, a nossa grande revelação, que nos levou ao traçado destas linhas. Sim, senhores que me lêem, o pó de café, do nosso produto máximo de exportação, do fiel da balança da nossa economia, foi por nós utilizado, com excelentes resultados nos trabalhos que executamos, com o modelo citado. Os resultados foram tão positivos, tão bons, tão próximos do real, a substância se adaptou tão bem às condições de transporte desejadas, que nos fizeram, como bom brasileiro que somos, vibrar de entusiasmo pela descoberta desta nova utilização do produto nacional. Convém aqui acrescentar um outro detalhe importante: o pó de café que melhor corresponde às condições, é aquele que já foi utilizado para a preparação da bebida.

Tratando-se do emprego do produto de uso comum, sujeito, talvez à condições variáveis de preparo e utilização, isso nos conduziu a melhor investigar suas características, para que mais abalizadamente pudessemos proclamar as suas qualidades, sob o aspecto considerado.

Submetemos, assim, o produto utilizado, que corresponde ao que é comumente encontrado à venda para o preparo da bebida, aos exames que abaixo passamos a citar, para conhecimento de tôdos.

Eis aqui, portanto, o certificado do que obtivemos:

Produto: — Café torrado e moido, comum, chamado também café em pó, já utilizado para o preparo da bebida.

Procedência: — Estabelecimento de Subsistência do Exército.

Acondicionamento: — Em sacos de papel impermeável.

Aspecto: — Normal, idêntico ao de produtos similares.

Cheiro e côr: — Normais, característicos.

Detalhe da amostra submetida a exame:
— O produto já havia sido utilizado para o preparo da bebida.

Granulometria: — A figura anexa, mostra a curva granulométrica do material por nós utilizado, determinada com a utilização das peneiras da série Tyler, indicadas no gráfico, de acôrdo com as Normas Brasileiras em vigôr, para traçado da curva granulométrica da areia.

Pêso específico: — 1,15, determinado pelo processo do picnômetro, temperatura de 21° C.

Ângulo de talude (dentro d'água) — 22° (valor médio)

Estabilidade do produto: — O produto estudado pode ser mantido dentro da água a ser utilizado durante longo espaço de tempo, sem alteração de suas propriedades físicas e químicas, apresentando, portanto, ótimas condições de estabilidade.

Propriedades químicas: — Produto neutro. — Nada houve a assinalar, que pudesse interessar ao estudo.

IV — DETALHES DA TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO

A curva granulométrica que demos, corresponde a um determinado tipo de moagem, que se adaptou bem ao nosso caso.

Outra que fôsse a situação, considerando-se a escala adotada, as condições de granulação poderiam ser modificadas, adotando-se produto mais fino ou mais grosso, havendo, apenas, limitações quando se tem, como limite máximo, o tamanho do grão natural.

O produto deve ser empregado úmido, devendo ser, para isso, imerso em água, no mínimo 24 horas antes da utilização. Deve, em seguida, ser escurrida a água em excesso, colocando-se o pó em camada delgada sôbre uma peneira de malhas finas ou sôbre um pedaço de tecido de malhas frouxas, suspenso em um suporte qualquer, durante 6 horas, ao ar livre. A dosagem no modelo

foi feita, considerando-se as escalas de pêsos e tempos, em função do que havia sido determinado no natural.

Para reprodução das condições naturais, utilizamos uma pequena medida de fôlha de metal, cuja capacidade, quando cheia, correspondia, de acôrdo com os valores acima, á quantidade de material lançado de 10 em 10 segundos.

O material foi lançado, de maneira tanto quanto possível uniforme, ao longo de uma seção do conduto convenientemente escolhida, de acôrdo com o fenômeno a observar.

A coloração natural do produto, permite a obtenção de ótimo contraste na observação dos fenômenos, quer se faça a observação direta, quer se empregue a fotografia ou a cinematografia. Para melhores resultados pode-se empregar, no revestimento final do modelo, sem prejuízo das condições de rugosidade, uma substância de côr clara.

No nosso caso, a observação foi favorecida pela utilização de cimento especial, cuja argamassa apresenta uma tonalidade de côr amarelo-acinzentada, bem clara (cimento de escória de ferro).

O ângulo de talude natural foi determinado em relação à horizontal pela medida direta, realizada dentro d'água, depois que o produto, lançado lentamente em um recipiente de vidro com água, assumiu a posição de repouso.

Nota-se, com relação a esta propriedade, uma outra grande vantagem do produto, quando comparado com outros, geralmente utilizados, pela obtenção de valores favoráveis do ângulo. Tal vantagem, proporciona o emprêgo do pó de café em modelos de fundo móvel, com deformação acentuada, sem prejuízo da estabilidade dos taludes.

Depois de utilizado, não mais se tornando necessário, o pó de café poderá ser guardado, para posteriores utilizações, devendo antes ser exposto ao sol ou posto em estufa para secar.

V — CONCLUSÕES

Julgamos, com o exposto, haver prestado interessante contribuição àque-

les que se dedicam ao trabalho de laboratório, no estudo sobre modelos de hidráulica. O material empregado constitui absoluta novidade. Sua fácil obtenção, seu custo praticamente nulo, sua versatilidade de emprego, suas características físicas e químicas adequadas, fazem com que se torne excelente elemento de experimentação nos casos indi-

cados. A possibilidade de variação desejada das propriedades granulométricas, pela seleção através de peneiras e pela fácil moagem, ainda mais valoriza o emprego do produto.

A coloração do produto possibilita ótimas condições de contraste, para a obtenção de fotografias ou para a cinematografia.

