

# Ensaio e Considerações Sobre Tomadas D'água e Extravasores Tipo Tulipa

General de Divisão **Leonino Junior** — Eng. Civil e Militar — Professor e Supervisor do Laboratório de Mecânica dos Fluídos do Instituto Militar de Engenharia

## I — CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em artigo publicado no número anterior desta revista, tivemos a oportunidade de emitir algumas considerações ligeiras sobre este tipo de tomada d'água que conforme dissemos, não é de utilização muito comum e tem o seu emprêgo mais divulgado, não como tomada de água propriamente dita, mas sim como extravasor ou sangrador para barragens de terra.

Todavia, como sabem, casos existem no mundo em que as tomadas tipo tulipa têm sido empregadas em instalações hidro-elétricas importantes, para adução de água às máquinas. No Brasil, podemos citar o caso de Paulo Afonso, onde as nove primeiras unidades empregam tomadas deste tipo. Também denominadas de "Bôca de Sino" ou "Margarida", são chamadas na língua inglesa de "Morning Glory", "Glory Hole", "Bell Mouth" e ainda "Shaft Spillways". É ponto de vista nosso que o dispositivo em apreço tende, cada vez mais, a ter aplicação mais frequente. Julgamos também que com certas adaptações, ele se presta ôtimamente para determinados casos, levando vantagens sobre outros tipos de tomadas de água.

Com a sua posição invertida, este tipo de entrada de água passa a constituir o início dos condutos de aspiração das instalações de bombeamento, de tão larga aplicação na prática, apesar de ainda estarem sujeitos a importantes aperfeiçoamentos em certos casos, principalmente com base na técnica experimental, que às vezes se torna imprescindível especialmente nas aplicações de maior vulto. O fato é que até a presente data, a tomada tipo tulipa ainda deixa margem para sérias dúvidas, sendo encarada com receios por muitos projetistas, uma vez que ainda não se acha perfeitamente estudada e aperfeiçoada.

Os sangradores deste tipo são de utilização relativamente recente, e através de documentação

consultada, verificamos que foram pela primeira vez adotadas nos Estados Unidos, em 1896.

Daí, pelo que temos conhecimento, somente em 1920 foi que surgiu, nesse país, um outro caso de emprêgo.

Depois disso, no mundo todo, conforme dissemos, as aplicações tem sido pouco frequentes e certos casos ainda são muito discutidos quanto a sua eficiência.

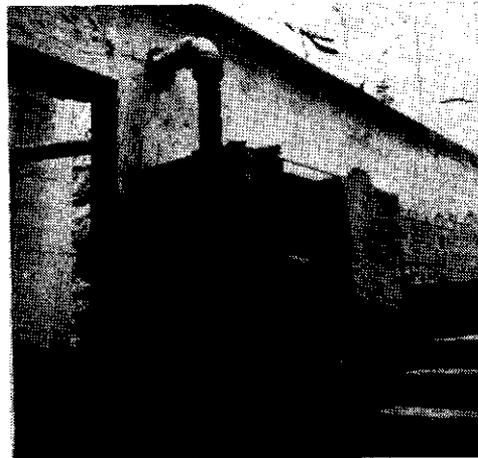


Foto 1 — Caixa especial, empregada nos ensaios, dotada de janela de vidro, que permitia a análise de todos os detalhes referentes às tomadas.

Através das breves considerações que tecemos, vê-se que o assunto ainda não atingiu o desenvolvimento que seria de esperar, principalmente quando se trata do emprêgo como tomadas de água.

Conforme já divulgamos no trabalho anterior, recentemente, a sábia e erudita "Societè Hidrotechnique de France", no intuito de verificar, no mundo todo, até que ponto haviam evoluído os conheci-

mentos e as pesquisas sobre o fenômeno dos vórtices, realizou, entre os estudiosos do assunto e as entidades especializadas, uma coleta, que foi denominado "Enquete Vortex". Os resultados desse importante trabalho foram publicados pela referida sociedade em um folheto não muito volumoso, que foi divulgado em novembro de 1964.

Através desse folheto, cujo assunto está bastante ligado ao tipo de tomada que estamos abordando, bem se pode aquilatar que os conhecimentos a respeito não se acham tão adiantados quanto seria de desejar, e que ainda existem muitas dúvidas por esclarecer, principalmente quando se tem que fazer face a instalações de um certo vulto.

Foi diante de tal situação que, estudando experimentalmente o tipo mais adequado de tomada d'água para as novas unidades da Usina Hidro-Elétrica de Paulo Afonso, chegamos a uma série de conclusões a respeito do tipo "Morning-Glory" que resolvemos divulgar, para conhecimento dos interessados.

## II — ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TOMADAS TIPO TULIPA

Quando o dispositivo tipo tulipa funciona como extravasor de uma barragem, como tem sido até agora a sua aplicação mais frequente, seu ponto crítico reside na passagem do escoamento em conduto livre para conduto forçado, à proporção que a carga na entrada e consequentemente a vazão, aumentam progressivamente. Ocorrem então, nessa passagem, fenômenos de natureza complexa, em consequência dos quais se certas providências não tiverem sido tomadas, sérios danos poderão ocorrer na instalação, como já tem acontecido em alguns casos reais.



Foto 2 — Detalhe de uma das fases dos ensaios, notando-se uma tulipa, instalada na caixa, em pleno funcionamento.



Foto 3 — Notam-se vários dispositivos do tipo margarida e pilares-guias, que foram ensaiados e comparados. Notar os anéis, referidos no texto.

Todavia, quando o dispositivo é empregado como tomada de água em instalações hidro-elétricas, tal fato pode ser evitado e pode-se fixar, no projeto, uma cota mínima de operação que, não só assegurará o funcionamento como conduto forçado, como também concorrerá de modo bastante sensível, para evitar a formação de vórtices, com o consequente carregamento de ar, que constitui o fenômeno mais nocivo, passível de ocorrência por ocasião do funcionamento.

A bibliografia por nós citada no fim deste trabalho, contém uma série de conclusões e indicações importantes sobre os dispositivos em pauta. Dentre as obras citadas, destacamos como mais detalhados e úteis os estudos feitos pelo Bureau of Reclamation, nos quais colhemos dados de grande valor e utilidade (Ref. 3). Mesmo assim, não foram as informações obtidas suficientes para resolver completamente o nosso caso e foi tentando obter melhor solução experimentalmente, que chegamos a uma série de conclusões que passaremos a citar, embora algumas delas constem da bibliografia citada, para o caso do funcionamento como extravasores que, conforme dissemos, constitui o emprego mais comum do dispositivo observado.

## III — DETALHES SOBRE O EMPREGO DE TOMADAS D'ÁGUA TIPO TULIPA

Eis aqui algumas conclusões importantes a que chegamos, através do estudo experimental feito:

- 1 — As tomadas d'água deste tipo, podem e devem ser empregadas vantajosamente em alguns casos, perfeitamente compatíveis com as nossas condições naturais.

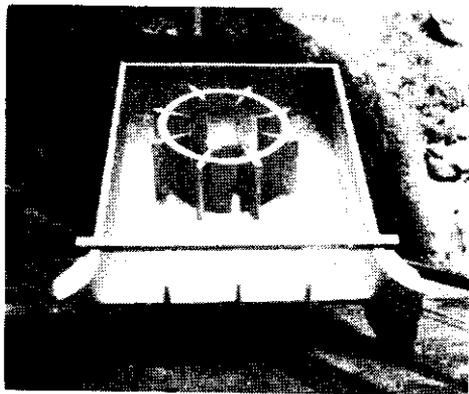


Foto 4 — Vista de um conjunto de tomada, pronto para ser instalado e ensaiado.

- 2 — O dispositivo de controle de admissão de água, ao contrário do que já tem sido feito, jamais deverá ser colocado na embocadura da tulipa e sim na entrada da tomada, a montante, tal como está representado no esquema.
- 3 — Para o arredondamento das bordas da tulipa, pode-se empregar vantajosamente as curvas levantadas pelo Bureau of Reclamation, constantes da Ref. 3.
- 4 — A câmara de entrada da tomada, deverá ser de forma retângular, conforme indicamos no desenho. O arredondamento dos cantos concorre de modo sensível, para facilitar a formação de vórtices.
- 5 — Para as tomadas bem projetadas, estudadas experimentalmente, pode-se perfeitamente trabalhar com cargas bem reduzidas, em condições inteiramente normais. Indicamos, como base de partida, que se faça o estudo em torno de uma altura de água igual ao raio do conduto, medida à partir do plano do fundo da câmara.
- 6 — A colocação de dois pilares nos cantos da tomada, tal como está indicado no desenho, concorre eficazmente para evitar a formação de vórtices e para melhorar as condições de funcionamento a baixas cargas.
- 7 — Uma boa proporção para as dimensões internas da câmara, é fazê-la internamente igual a  $3D$  sendo  $D$  o diâmetro do conduto, como está indicado no desenho esquemático.
- 8 — Os pilares guias, colocados na embocadura da tulipa, obedecendo a disposição e as dimensões indicadas, concorrem de modo sensível para o bom funcionamento do dispositivo. O número de pilares deve variar entre 6 e 12. Com menos de 6 eles se tornam ineficientes

e com mais de 12 aumentam sensivelmente a perda de carga.

- 9 — A compartimentação da entrada por meio de paredes, cujo número pode variar de 2 a 4, é bastante favorável para melhorar o escoamento, além de concorrer para diminuir o vão livre de comportas e "stop-logs" (Ver desenho).
- 10 — A colocação de um anel interno, entre os pilares da embocadura, tal como está indicado no desenho, dá ótimos resultados para a melhoria do funcionamento, em certos casos. O anel em aprêço não deve ser muito estreito nem muito largo. Uma altura igual a  $D/2$  revelou-se muito conveniente.
- 11 — O comprimento dos pilares guias deve ser da ordem de  $D/2$ . A esbeltês do perfil deve obedecer à proporção aproximada de  $1/7$ , de acordo com os trabalhos de Yarnell (Ref. 2) e eles devem ter forma hidrodinamicamente favorável. No caso de Paulo Afonso, adotamos um perfil Jukowsky.
- 12 — Os pilares guias devem ter a sua altura em torno de 1 diâmetro do conduto forçado, conforme está indicado no desenho. Quando mais baixos eles tendem a se tornar ineficientes e, quando mais altos, aumentam a perda de carga e concorrem para a formação de vórtices.

#### IV — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos, através do que foi relatado, haver dado algumas informações interessantes e úteis sobre as tomadas d'água tipo tulipa. Muito embora o seu emprêgo não esteja muito difundido em nosso país,

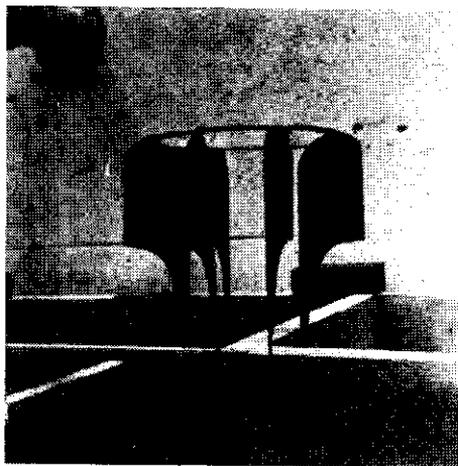


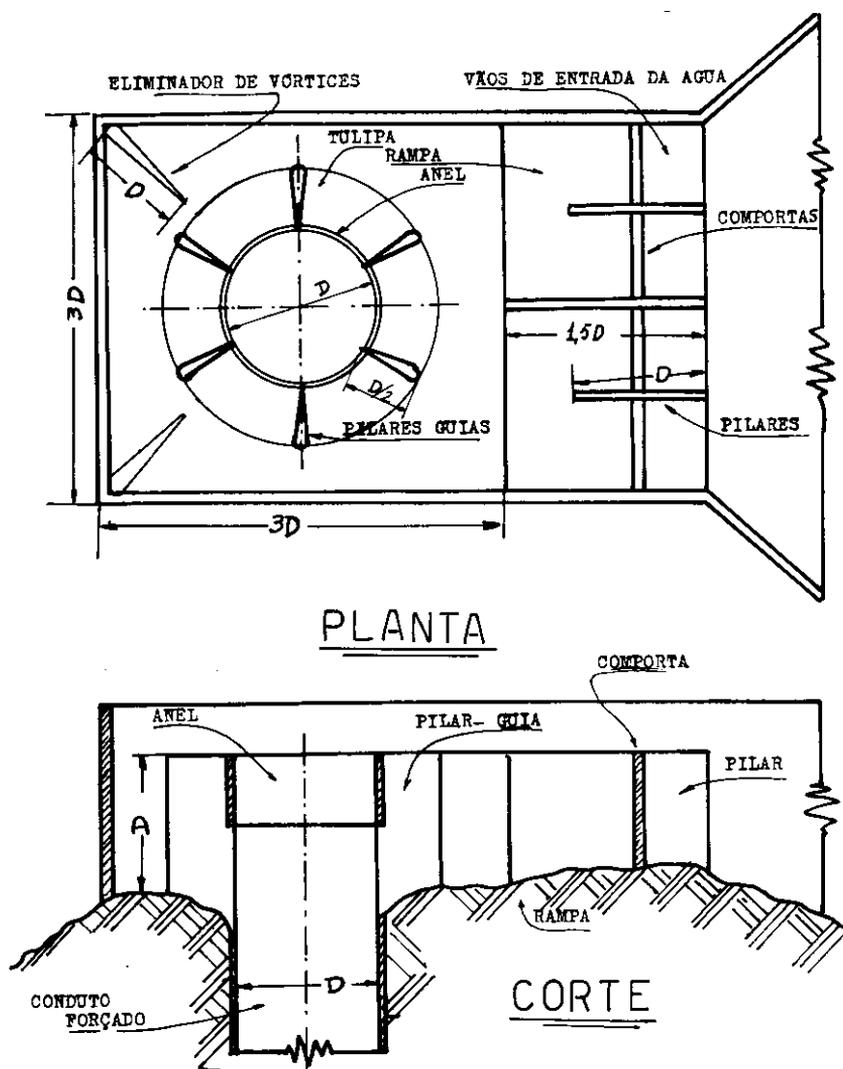
Foto 5 — Vista em perspectiva de um belo conjunto de pilares, com forma hidrodinamicamente perfeita.

julgamos que elas constituem ótima solução para certos casos, apresentando reais vantagens sobre outros tipos.

As fotografias que estamos juntando, mostram alguns aspectos dos ensaios por nós realizados, atra-

vés dos quais chegamos às importantes conclusões enunciadas.

Estamos também apresentando uma reprodução da solução alternada, por nós estudada e indicada para a Usina de Paulo Afonso.



### INDICAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA TOMADA D'AGUA TIPO TULIPA

Certos estamos de que o prosseguimento desses estudos poderá conduzir à obtenção de maiores detalhes e a conclusões mais positivas sobre o tipo de tomada em aprêço que, a nosso ver, apresenta um interessante campo aberto à experimentação, com

vistas à sua aplicação em nosso meio onde as condições naturais e os recursos disponíveis são favoráveis à sua utilização.

Não vemos razões para certos receios que cercam de dúvidas os projetistas, quanto à adoção desse



tipo de tomada. Ao contrário, com o auxílio precioso do laboratório, estamos seguros, como consequência das observações por nós realizadas, de que, em determinados casos, êle constituirá a solução ideal, que permitirá a obtenção das condições de rendimento desejadas para a instalação visada.

Em qualquer caso, é imprescindível a valiosa experimentação sôbre modelo conduzirá, como sempre, à melhor solução.

Estaremos, como de costume, ao dispôr daqueles que se interessarem pelo assunto, não só para prosseguir em nossos ensaios, como também para fornecer-lhes maiores detalhes, que deixamos de consignar aqui para não alongar muito esta exposição.

Além disso, o nosso laboratório acha-se perfeitamente aparelhado para realizar qualquer estudo experimental, para aplicação em qualquer caso real, tal como fizemos para Paulo Afonso.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 — "Morning Glory Shaft Spillways — A Symposium" — American Society of Civil Engineers — Transactions Paper No. 2820 Vol. 121 — 1956 — Págs. 311 — 409.
- 2 — "Bridge Piers as Channel Obstructions" — David L. Yarnell — U. S. Department of Agriculture, Technical Bulletin N.º 442 — Novembro 1934.
- 3 — "Design of Small Dams" — United States — Department of the Interior — Bureau of Reclamation — 1st Edition 1960 — Cap. VIII — Spillways — Pág. 320.
- 4 — "Water Power Development" — Emil Mosony — House of the Hungarian Academy of Sciences — Budapest 1957.
- 5 — "Irrigation and Hydraulic Design" — Serge Lelievsky — Chapman & Hall Ltd. — Londres 1957.
- 6 — "Engineering for Dams" — William P. Creager — Joel D. Justin — Julian Hinds — John Wiley & Sons, Inc. London.
- 7 — "Hydro-Electric Engineering Practice" — J. Guthrie Brow Blackie & Son Limited. — Glasgow — London 1958.
- 8 — "Usines de Derivation" — H. Varlet — Editions Eyrolles — Paris 1959.
- 9 — "Barrages Mobiles et Prises d'Eau en Riviere" — M. Bouvard — Eyrolles — Paris 1960.
- 10 — "Register of Dams in the United States" — T. W. Mermel — Mc Graw Hill Book Company Inc. — New York — 1958.