

IV JORNADAS TÉCNICAS DA APRH
2º ENCONTRO NACIONAL DOS DISTRIBUIDORES DE ÁGUA
PLANEAMENTO DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

**INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE ELEVAÇÃO NO
CÁLCULO DA CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO
EM RESERVATÓRIOS**

POR

J. TENTUGAL-VALENTE

**PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE ENGENHARIA
DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MEMBRO DA DIRECÇÃO DO INSTITUTO DE
HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS**

RESUMO

O cálculo da capacidade de regularização de reservatórios integrados em sistemas de abastecimento de água, quando no seu funcionamento intervêm adutoras elevatórias é primordialmente influenciado pela lei de funcionamento das elevatórias. Pretende-se efectuar uma análise prática do que acontece com tal lei de funcionamento de modo a que se atenda, para cada caso, a parâmetros de dimensionamento que tenham por objectivo último a definição de capacidades de regularização mais próximas das que são efectivamente necessárias.

1. INTRODUÇÃO

Constitui procedimento corrente em Portugal, quantificar a capacidade de regularização de reservatórios de distribuição ou simplesmente de regularização, de acordo com o regulamentado pela Norma Portuguesa NP-839 (de 1966). Por seu intermédio, a capacidade de regularização de um reservatório deverá fazer face "ao volume necessário ao funcionamento normal entendendo-se como funcionamento normal o funcionamento possível em qualquer dia do ano". Isto significaria que, dentro desses dias, estaria incluído o dia de maior consumo diário anual. No caso dos reservatórios de distribuição e como situação mais desfavorável, deverão garantir a regularização do caudal correspondente ao "dia máximo". É, aliás, esta hipótese que as Normas para o Cálculo de Sistemas de Abastecimento de Água emanadas do Conselho Superior de Obras Públicas, em 14 de Agosto de 1962, apontam relativamente ao cálculo da capacidade deste tipo de reservatórios.

A interpretação para aplicação desta regulamentação tem tido diferentes aspectos. Um primeiro e primordial consiste em obter a lei de variação diária de consumos do "dia máximo". Com efeito, na maior parte dos casos, não é possível estabelecer tal lei, ou porque normalmente se vai projectar o primeiro sistema de abastecimento de água ou porque a adopção de uma curva de consumos diária obtida de uma zona ou rede de características consideradas como semelhantes não é possivel.

Esta dificuldade faz com que na grande maioria das determinações de capacidades de regularização de reservatórios de distribuição seja adoptada uma lei de consumos fictícia em que se supõe que o volume diário máximo é distribuído uniformemente num período limitado do dia (por exemplo, 6 horas, 8 horas, 10 horas, etc.), de tal modo que o cociente entre o consumo diário e o período atrás referido iguale o caudal de ponta previsto.

Conduz este modo de proceder a valores de capacidade de regularização bastante desajustados da realidade, por exagerados. Na tentativa de otimizar, no sentido de tornar mais real, a capacidade de regularização dos reservatórios propõe-se em [1] uma metodologia de cálculo que pressupõe a adopção de diagramas de consumos de tipo descontínuo, baseados nas características de consumos diários que foram possíveis conhecer a partir de alguns registos de consumos verificados em certos sistemas de abastecimento de água.

Com este modo de proceder obtêm-se valores de capacidades bastante inferiores aos que conduziam o diagrama simplista do tipo uniforme e suficientemente majoradas para cobrir a discrepância entre os diagramas do tipo descontínuo e o diagrama real.

No que respeita à possibilidade de no funcionamento do reservatório estar incluída a situação de haver uma adução ou uma cedência realizada em período de tempo inferior a 24 horas, com recurso a grupos elevatórios não há qualquer referência na regulamentação existente. É prática corrente admitir a hipótese mais desfavorável em que se admite que tal adução ou cedência deva ser realizada, com caudal constante, ininterruptamente no período de tempo máximo previsto para funcionamento da elevatória — tempo de bombagem ou de elevação. A consideração desta hipótese de cálculo conduz a capacidades de regularização maiores do que as que na realidade são necessárias, uma vez que o funcionamento da elevatória não acontece continuamente antes sucedendo com períodos de funcionamento e de paragem adaptados à lei de variação de consumos traduzindo-se tal aproximação à necessidade de capacidades de regularização menores.

É objectivo da presente comunicação indicar uma metodologia de análise de funcionamento de condutas elevatórias e a sua influência na estimativa do cálculo da capacidade de regularização dos reservatórios tendo por objectivo otimizar, no sentido de redução, as capacidades de regularização normalmente estimadas resultantes de se admitir elevatórias de funcionamento contínuo. Não é, con-

tudo, nossa pretensão definir normas ou regras rígidas para funcionamento deste tipo de equipamento. Um reservatório é um órgão que está integrado num conjunto de outros órgãos e que cada vez mais não deve ser analisado isoladamente mas antes deverá ser enquadrado e como tal estudado em conjunto com os restantes órgãos e equipamentos do sistema. Há, portanto, que salientar que a melhor solução para a capacidade de um reservatório quando estudado isoladamente pode não corresponder à optimização da solução global. Cada situação deverá ser analisada por si.

2. MODELO DE CÁLCULO EFECTUADO

Com o objectivo de se desenvolver as ideias anteriormente expostas efectuou-se uma análise gráfica — por se considerar mais sugestiva sob o ponto de vista de exploração — de um reservatório de distribuição cuja rede de distribuição dele dependente corresponde a um factor de ponta horário igual a 3,0 e em que a adução do volume total necessário é realizada por intermédio de uma adutora elevatória. Trata-se de uma situação particular e de um funcionamento elementar. De qualquer modo, como adiante se deduzirá, as conclusões que se revelarão são gerais e válidas para qualquer outro tipo de funcionamento mais complexo incluindo outros tipos de diagramas de distribuição — outros factores de ponta horários, ou até outra distribuição de consumos diária.

Assim, e como elemento de necessidade primordial é presente na FIGURA 1 o diagrama cronológico, correspondente ao factor de ponta horário igual a 3,0, cuja obtenção é justificada em [1]. Da mesma figura consta a curva integral de caudais acumulados, adimensionalizada, correspondente, que permitirá "medir" a maior diferença entre tal curva e a curva integral correspondente à adução, diferença que é a capacidade de regularização.

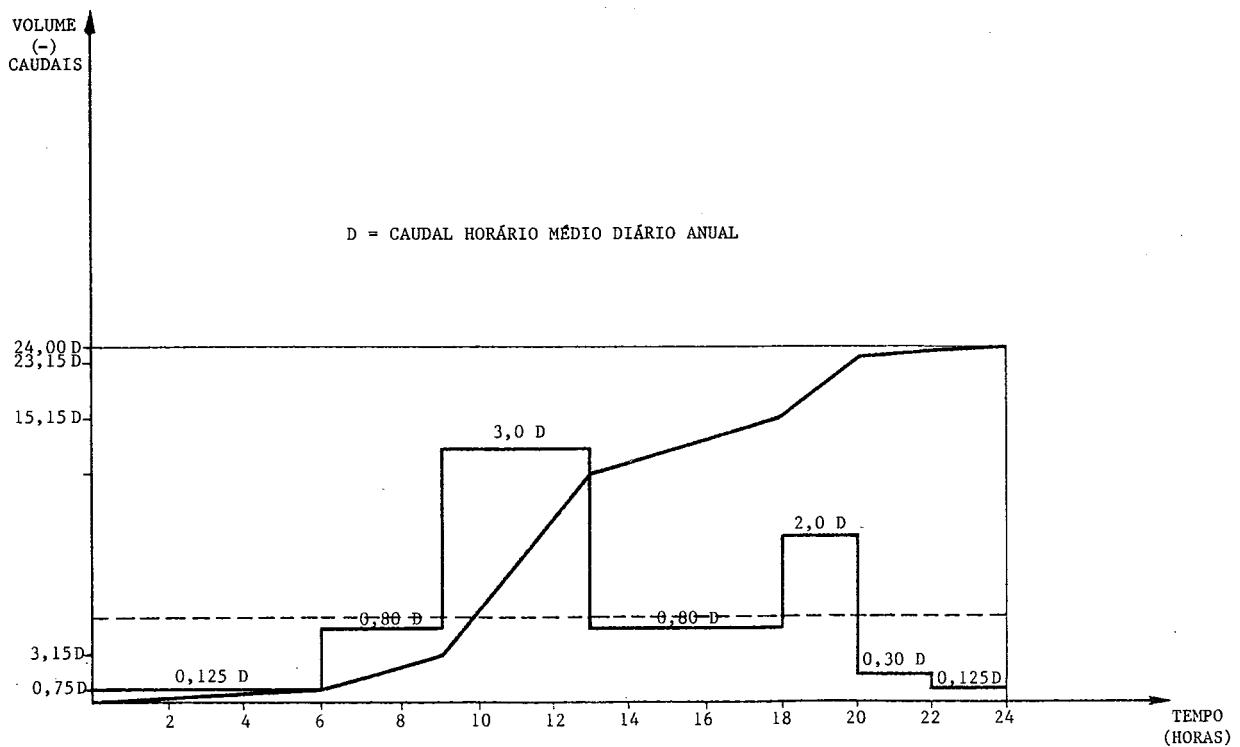


FIGURA 1 - DIAGRAMA CRONOLÓGICO E RESPECTIVA CURVA INTEGRAL DIÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO DE CAUDAIS

Nas FIGURAS 2 e 3 apresentam-se as análises de capacidades de regularização efectuadas e correspondentes a duas situações de tempos de funcionamento da elevatória distintas. Uma, a descrita na FIGURA 2, em que o tempo de elevação total e a colocação da curva integral de adução é tal que não há lugar a cruzamento entre as duas curvas integrais de adução e de cedência. Uma situação deste tipo sucede para tempos de elevação mais pequenos, no caso presente para tempos de elevação inferiores ou iguais a 8 horas, e desde que se admita o início da elevação nas horas iniciais do dia. Será a designada por tempo de elevação inferior à razão factor de ponta horário/número de horas do dia. Quanto à FIGURA 3 é presente a situação contrária em que há lugar ao cruzamento das duas citadas curvas integrais, em que o tempo de elevação é inferior ao quociente factor de ponta horário/número de horas do dia.

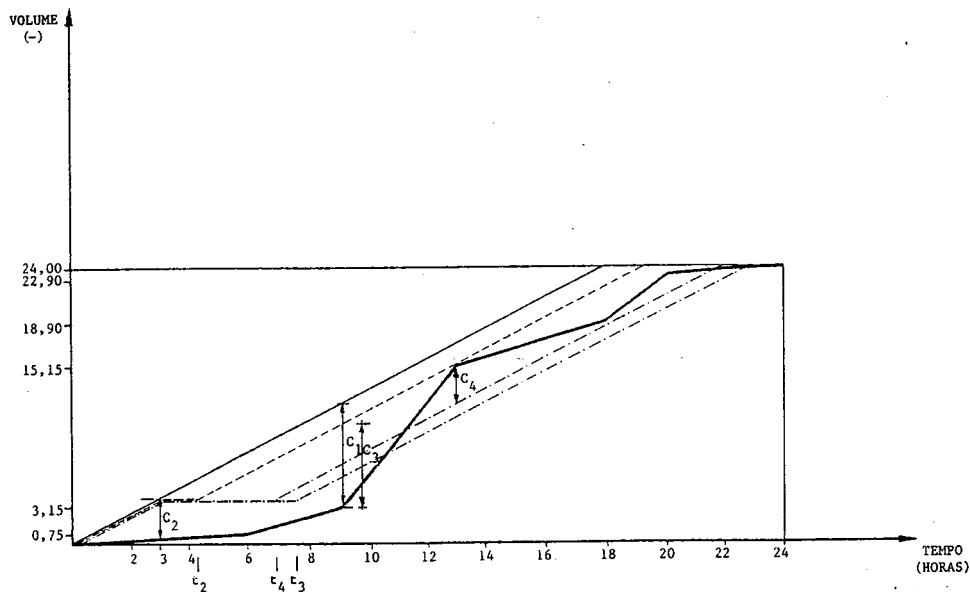


FIGURA 2 - CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO PARA TEMPO DE ELEVAÇÃO INFERIOR À RAZÃO FACTOR DE PONTA HORÁRIO/NÚMERO DE HORAS DO DIA

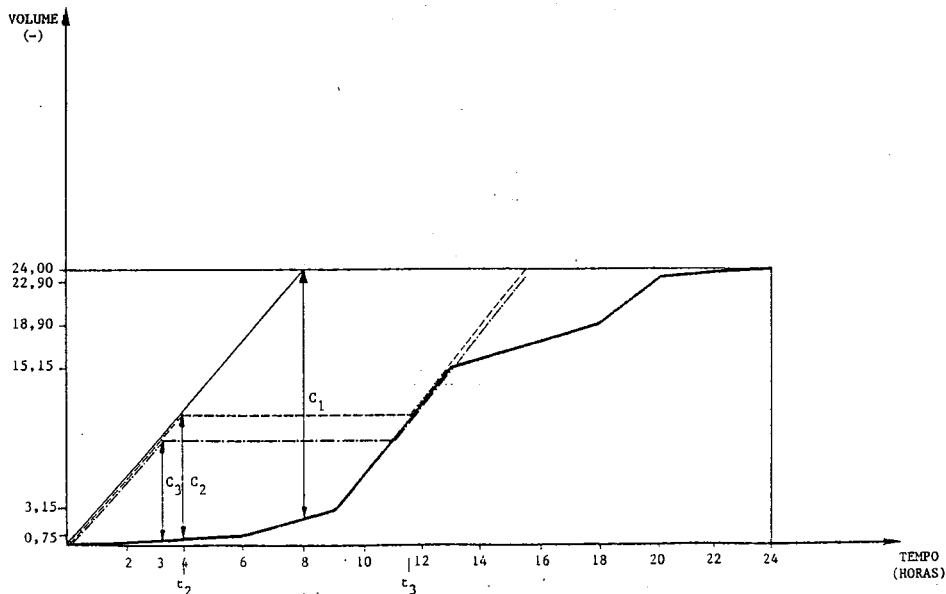


FIGURA 3 - CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO PARA TEMPO DE ELEVAÇÃO SUPERIOR À RAZÃO FACTOR DE PONTA HORÁRIO/NÚMERO DE HORAS DO DIA

Convirá desde já referir o porquê de ser admitido o início da elevação no começo de cada dia.

Em primeiro lugar há toda a conveniência das horas de bombagem se realizarem em horas mortas de consumo de energia eléctrica sendo nesta situação indicado, desde logo, o aproveitamento das primeiras horas do dia. Em segundo lugar, relembra-se que não se pretende, nem tal é possível, obter situações de funcionamento verdadeiramente correctas. Com efeito, a elevatória funcionará ao longo do tempo de modo diverso, consoante a evolução do funcionamento da rede de distribuição. Com a possibilidade de recurso a automatismos de arranque e paragem automáticos de grupos elevatórios, hoje em dia extremamente vulgarizados, estes entrarão em funcionamento ou desligarão consoante a solicitação da rede de distribuição. Tal situação é extremamente variável ao longo do período de vida da obra, ao longo do ano e de ano para ano. A situação proposta, ou seja, admitir para cálculo a hipótese da elevatória iniciar o seu funcionamento no começo do dia, corresponde a uma situação majorada. Qualquer outra alternativa, possível, implica uma definição inicial de tal funcionamento para a elevatória o que nem sempre é fácil e possível. É, portanto, uma situação de segurança mas motivada por impossibilidade de conhecimento completo da lei de funcionamento da rede de distribuição.

3. CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO PARA TEMPO DE ELEVACÃO INFERIOR À RAZÃO FACTOR DE PONTA HORÁRIO/NÚMERO DE HORAS DO DIA

Considere-se a FIGURA 2, que representa a situação de um reservatório de distribuição aduzido por uma elevatória de tempo global de funcionamento inferior ao quociente factor de ponta horário/número de horas do dia.

Dentro dos princípios normalmente considerados para cálculo de capacidade de regularização a capacidade a exigir teria por valor C_1 .

Admitindo que se impõe uma capacidade de regularização C_2 , em que $C_2 < C_1$, verifica-se que, dentro dos condicionamentos de funcionamento expostos em 2, a elevatória começa a funcionar e funcionará até ao instante t_2 , altura em que a capacidade tem por valor C_2 . A partir daí os grupos elevatórios desligarão e a curva integral de adução corresponderá a um patamar — caudal igual a zero, até à altura em que será dada nova ordem para arranque, por intermédio de um sensor de arranque, que deverá estar colocado em posição que corresponda ao ponto de encontro entre as duas curvas integrais, designado por instante t_3 . Não interessará passar para além de t_3 pois nessas circunstâncias a capacidade de regularização necessária seria maior. Em tal instante t_3 iniciar-se-á outro período de bombagem e, nesse caso, até ao fim do tempo global ou até atingir novamente a capacidade de máxima pré-fixada repetindo-se nesse caso a sequência anterior.

Este tipo de funcionamento é correcto só sendo de colocar a questão de qual o valor de C_2 a adoptar. Interessa, sob o ponto de vista económico, o valor mínimo. Esse mínimo possível acontece quando o tempo inicial de funcionamento é mínimo sendo então neste caso a capacidade C_2 mínima. Contudo, é importante frisar que, por razões de adequado funcionamento dos grupos elevatórios, é indicado pelos fabricantes que uma vez verificado o arranque do grupo ele se mantenha em funcionamento durante um certo período, que na maior parte dos casos se indica como sendo 3 horas. É este o parâmetro fundamental que permite fixar a capacidade de regularização mínima a atribuir para uma situação deste tipo, ou seja, o tempo de funcionamento mínimo entre um arranque e uma paragem de um grupo elevatório. Uma vez fixada a capacidade aparece definida e inferior ao valor C_1 habitual. Para o tempo mínimo de 3 horas tal capacidade é de cerca de 40% inferior a C_1 .

Falta colocar a questão de se com este procedimento se abarcam todas as hipóteses possíveis de funcionamento. Se, por exemplo, às zero horas houver um vo-

lume de água que vem do dia anterior, acontece que não há logo lugar a arranque dos grupos elevatórios, verificando-se um patamar de paragem e iniciando-se de seguida o funcionamento dos grupos por um período de tempo igual ao mínimo previamente indicado, repetindo-se de seguida o processo anteriormente indicado. A capacidade assim encontrada, é para qualquer valor inicial de volume de água, sempre inferior a C_3 , o que leva a concluir que ao adoptar C_3 para capacidade de regularização tem-se um valor de segurança que abrange outras situações possíveis mas imprevisíveis. O mesmo raciocínio, e com idênticas conclusões, poderá ser realizado para a hipótese de a elevação se iniciar não às zero horas mas em qualquer instante de tempo posterior, numa tentativa, por exemplo, de aproveitar horas "mortas" de consumo de energia eléctrica. Uma situação deste tipo logicamente que obrigará à utilização de automatismos indexados ao tempo — o que é possível, conduzindo a capacidades de regularização menores, mas obriga à definição, logo à partida, de um funcionamento para o reservatório. Em grandes sistemas de abastecimento, com reservatórios de grande capacidade, pode haver interesse em adoptar um esquema deste tipo de modo a reduzir-se a capacidade de regularização a adoptar. Em sistemas de dimensão mais reduzida pode não ser significativo, em termos de redução de capacidade de regularização, a adopção de um funcionamento da elevatória tão rígido por indexado ao tempo sendo conhecida a mais que provável flutuação no tempo dos consumos.

4. CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO PARA TEMPO DE ELEVAÇÃO SUPERIOR À RAZÃO FACTOR DE PONTA HORÁRIO/NÚMERO DE HORAS DO DIA

A análise desta situação encontra-se resumida na FIGURA 3. Em linhas gerais o procedimento seguido é idêntico ao descrito para o caso do tempo de elevação ser superior à razão preconizada atrás como limiar.

Facilmente também se verifica que há necessidade de fixar logo de início um tempo de funcionamento mínimo dos grupos elevatórios — considerando-se também de 3 horas, que implica desde logo a definição de um diferencial de volumes no fim do período de elevação de C_2 . Posteriormente a este tempo segue-se um período de paragem de elevação. Ao contrário do que sucedia no caso anterior, em que a situação limiar em tempos de capacidade acontece quando a curva integral de adução coincide com a curva integral de distribuição, neste caso, e devido à possibilidade da capacidade não ser apenas a máxima diferença entre as curvas integrais de adução e de distribuição mas também antes a sua soma, máxima diferença positiva com a máxima diferença negativa — que se designará por C_4 , há necessidade de posicionar o instante em que se dá novamente o arranque de modo a que tal soma seja mínima.

Verifiquem-se, através da FIGURA 3, as situações possíveis. A primeira corresponde à hipótese de a segunda parte da curva integral de adução se iniciar após o instante t_2 determinado de maneira a que tal curva seja tangente à curva integral de distribuição. Neste caso a capacidade de regularização é C_3 que é superior a C_2 . Se se considerar um instante superior a t_3 , a capacidade passa a ser a soma de C_2 mais uma quantidade C_4 variável consoante o instante de arranque dos grupos. Há um instante, designado por t_4 a que corresponde um somatório $C_2 + C_4$ mínimo e que é inferior a C_3 . É esta a situação a procurar.

Em resumo tem-se, que a capacidade de regularização a adoptar numa situação deste tipo resulta de considerar um período mínimo de funcionamento dos grupos elevatórios e fixar o instante de arranque do segundo período de elevação, à custa da colocação de um sensor de arranque, de tal modo que a soma da máxima diferença positiva entre a curva integral de adução e a curva integral de distribuição com a máxima diferença negativa também entre as duas já citadas curvas.

Conclusões idênticas às encontradas em 3, para as situações de início diferente da 1ª elevação e de o início do ciclo de funcionamento se iniciar já com um certo volume de água retido, poder-se-iam facilmente concluir para o caso agora ana

lisado.

Refere-se, a título de exemplo que no caso presente a redução de capacidade conseguida é da ordem dos 70% relativamente à hipótese de cálculo admitida como habitual.

5. CONCLUSÃO

É possível conseguir-se uma economia na capacidade de regularização dos reservatórios em cujo funcionamento intervenham condutas elevatórias à custa da adopção de diagramas de funcionamento das citadas elevatórias mais adequados. A sua obtenção baseia-se na introdução de um parâmetro tempo mínimo de funcionamento dos grupos elevatórios e na intromissão no interior do reservatório de um sensor de arranque com localização devidamente estudada, para além dos sensores normais, de segurança, como o de nível máximo e o de nível mínimo.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. TENTÚGAL-VALENTE, Reflexões sobre o cálculo da Capacidade de Regularização de Reservatórios em Sistemas de Distribuição, Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia, 1983.