

MODELO COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS

Bruna Duarte Alves de Souza¹; José Roberto Gonçalves de Azevedo²

¹Estudante do Curso de Engenharia Civil- CTG – UFPE; E-mail: bruduarte16@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Civil – CTG – UFPE. E-mail: jrga@ufpe.br.

Sumário: Adutoras são condutos de sistemas de abastecimento e destinam-se a conduzir água entre unidades que precedem a rede distribuidora, interligam tomadas d'água, estações de tratamento e reservatórios e são muito importantes para o abastecimento de cidades. Neste trabalho foram desenvolvidas três ferramentas em planilhas eletrônicas para auxiliar no dimensionamento de adutoras. Procurou-se desenvolver modelos computacionais de fácil utilização e que possibilitem ajudar alunos da disciplina de hidráulica tanto da graduação como da pós-graduação. Foi elaborado um modelo computacional para os seguintes casos: cálculo de adutoras (5 soluções hidráulicamente possíveis); cálculo de adutoras interligando múltiplos reservatórios e cálculo de adutoras em rede malhada.

Palavras-chave: adutoras; múltiplos reservatórios; planilha eletrônica; redes de abastecimento de água;

INTRODUÇÃO

Adutoras são componentes fundamentais no transporte de fluidos, e têm como objetivo conduzir, por gravidade ou através de bombeamento, os fluidos até sistemas de distribuição urbanos, projetos de irrigação, parques industriais, etc. Um sistema hidráulico de condução de água pode ser composto de diversas linhas de adutoras ligadas em série e/ou em paralelo constituindo uma rede condutos. No dimensionamento de uma adutora simples é possível obter algumas soluções hidráulicamente viáveis (Cirilo et al., 2003 e Azevedo Netto, 1998). A partir destas soluções hidráulicas pode ser feito um estudo de viabilidade econômica para ser adotada aquela que oferece menor custo. Este trabalho oferece três ferramentas úteis e práticas para o dimensionamento de adutoras, de forma que o usuário pode, a partir da entrada de alguns dados como tipo de tubo e vazão de projeto, obter soluções hidráulicamente viáveis para um posterior estudo de viabilidade econômica.

MATERIAIS E MÉTODOS

À priori foi feita uma revisão sobre a metodologia de dimensionamento de adutoras com o desenvolvimento e resolução de diferentes exercícios referentes a adutoras simples, adutoras interligadas por múltiplos reservatórios e redes de abastecimento de água. Em todas os exercícios foram consideradas adutoras simples, ou seja, a vazão se mantém constante e é utilizado apenas um tipo de tubo. Na sequência realizou-se um estudo sobre técnicas computacionais como a linguagem do VBA (Visual Basic for Applications) e criação de macros no Excel. Macro é uma sequência de instruções que automatiza algumas tarefas do Excel de forma que se possa trabalhar com mais eficiência e com menos erros. Com o conhecimento adquirido foi possível criar três ferramentas em planilhas eletrônicas para o dimensionamento de adutoras simples. A primeira delas se destina ao dimensionamento de adutora com cinco soluções hidráulicamente possíveis onde, a partir da entrada de dados, a macro criada realiza um processo iterativo para encontrar o diâmetro teórico do problema, o mesmo recurso foi utilizado numa planilha seguinte para

calcular as cinco soluções hidráulicas possíveis a partir do diâmetro teórico encontrado. A segunda ferramenta foi desenvolvida para o dimensionamento de adutoras interligadas por múltiplos reservatórios. Neste tipo de problema são desconhecidas as vazões de cada adutora, as perdas de carga de cada tubo e a cota piezométrica do ponto de encontro das adutoras. São conhecidos o comprimento de cada tubo, seus diâmetros, as cotas dos níveis d'água de cada reservatório, o tipo de tubo e a temperatura média da água. Desta forma é possível saber que o reservatório com maior cota do nível d'água deve alimentar a rede e o menor deve ser alimentado. Neste caso a macro desenvolvida, a partir dos dados de entrada, encontra o sentido das vazões dos reservatórios intermediários e realiza processos iterativos para encontrar a cota piezométrica do ponto de encontro das adutoras. A terceira ferramenta refere-se ao dimensionamento de redes malhadas, nela foi considerado, para resolver este tipo de problema, que as vazões saem das tubulações de forma concentrada em cada um dos nós da rede, isto é, a vazão entre dois nós consecutivos é admitida constante. Para esta ferramenta, a macro desenvolvida gera uma planilha para entrada de dados a partir do número de anéis fornecido e com as vazões dos trechos em comum dos anéis, o programa realiza iterações até atingir o equilíbrio da rede.

RESULTADOS

As três ferramentas são apresentadas em planilhas eletrônicas. A primeira ferramenta possui duas planilhas, a primeira, apresentada na Figura 1, com a entrada de dados e a segunda com as 5 soluções possíveis.

Figura 1 – Planilha “Dados Adutora” para entrada dos dados e cálculo do diâmetro teórico

Tipo de tubo :	Tubos de aço com revestimento obtido por imersão em asfalto quente	
$\epsilon =$	1,00E-04	m
Temperatura (0 a 100) =	21,5	°C
$v =$	9,77E-07	m ² /s
$Q =$	0,07	m ² /s
$Z_{na(mon)} =$	103,1	m
$Z_{na(jus)} =$	100	m
$\Delta h =$	3,1	m
$L =$	1320	m
$g =$	9,8	m ² /s
Fórmula para fator de resistência:	Função de delta	
CÁLCULO DO DIÂMETRO TEÓRICO		
D se Liso=	0,302	0,00
D se Rugoso=	0,305	0,00
D se Transição=	0,312	0,00
D se Swamee-Jain=	0,312	0,00
D se Barr=	0,312	0,00
D se Souza-Cunha-Marques=	0,312	0,00
f se Liso=	0,0144	
f se Rugoso=	0,0152	
f se Transição=	0,0172	
δ se Liso=	2,72E-04	
δ se Rugoso=	2,71E-04	
δ se Transição=	2,67E-04	
D TEÓRICO=	0,312	Transição

A segunda ferramenta inicialmente possui apenas uma planilha, apresentada na Figura 2 abaixo, para entrada de dados. Posteriormente, após os cálculos, o programa exibe outras planilhas com o resultado.

Figura 2 – Planilha “Dados Múltiplos Reservatórios” para entrada de dados e execução do programa

Número de Reservatórios=	4	Criar Entrada de Dados	Executar	Excluir Planilhas	Excluir dados
Cálculo de f1 por =					
Cálculo de f2 por =					
Cálculo de f3 por =					
Cálculo de f4 por =					
Valor de Z(1) em [m] =					
Valor de Z(2) em [m] =					
Valor de Z(3) em [m] =					
Valor de Z(4) em [m] =					
Valor de D(1) em [mm] =					
Valor de D(2) em [mm] =					
Valor de D(3) em [mm] =					
Valor de D(4) em [mm] =					
Valor de L(1) em [m] =					
Valor de L(2) em [m] =					
Valor de L(3) em [m] =					
Valor de L(4) em [m] =					
Valor da Temperatura da água T(1) em [oC] =					
Valor da Viscosidade da água Nu(1) em [m2/s] =	1,79E-06				
Valor da Temperatura da água T(2) em [oC] =					
Valor da Viscosidade da água Nu(2) em [m2/s] =	1,79E-06				
Valor da Temperatura da água T(3) em [oC] =					
Valor da Viscosidade da água Nu(3) em [m2/s] =	1,79E-06				
Valor da Temperatura da água T(4) em [oC] =					
Valor da Viscosidade da água Nu(4) em [m2/s] =	1,79E-06				
Tubo da Adutora(1) =	Tubos de aço com revestimento obtido por imersao em asfalto quente				
Valor da Rugosidade do Tubo(1) em [m] =	1,00E-04	m			
Tubo da Adutora(2) =	Tubos de aço com revestimento obtido por imersao em asfalto quente				
Valor da Rugosidade do Tubo(2) em [m] =	1,00E-04	m			
Tubo da Adutora(3) =	Tubos de aço com revestimento obtido por imersao em asfalto quente				
Valor da Rugosidade do Tubo(3) em [m] =	1,00E-04	m			
Tubo da Adutora(4) =	Tubos de aço com revestimento obtido por imersao em asfalto quente				
Valor da Rugosidade do Tubo(4) em [m] =	1,00E-04	m			

A terceira ferramenta possui inicialmente duas planilhas, a primeira, exibida na Figura 3 abaixo, serve para entrada dos dados iniciais como tipo de tubo, temperatura da água, número de anéis e nós da rede, já segunda, exibida na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, serve para criar uma nova entrada de dados a partir do número de anéis, nela o usuário pode nomear os trechos e informar as vazões dos trechos requisitados para executar o programa.

Figura 3 – Planilha “Dados Redes” para entrada de dados iniciais

Sistema de Unidades:	SI				
Tipo de tubo :	Tubos de plastico - PVC				
ϵ =	3,50E-06	m			
Temperatura (0 a 100) =	25,8	°C			
ν =	8,84E-07	m ² /s			
g =	9,8	m ² /s			
Fórmula para fator de resistência:	Swamee-Jain				
Expoente da vazão (n)=	2				
n° de nós:	12				
n° de anéis:	5				
Nó alimentado pelo Reservatório:	A				

Figura 4 – Planilha “Rede Malhada” para entrada de dados adicionais e execução do programa

6		Planilhas Iniciais										
Escrever os trechos sempre no sentido HORÁRIO:												
		TRECHOS	L(m)	Q(L/s)	D(mm)	Rey	f	Ri	Ri.Qi. Qi	n.Ri. Qi	AQ (L/s)	
Calcular		ANEL 1	AB	100	34,00	250	195883	0,0156	132,13	0,15274	8,98458	6,86
			BH	50	-20,00	200	144032	0,0166	214,53	-0,08581	8,58128	
			HG	100	-80,00	350	329215	0,0141	22,20	-0,14211	3,55274	
			GA	50	-87,00	350	358021	0,0139	10,94	-0,08284	1,90440	
									Σ	-0,16	23,02	
Limpar Anéis												
Nós	Dem(L/s)	TRECHOS	L(m)	Q(L/s)	D(mm)	Rey	f	Ri	Ri.Qi. Qi	n.Ri. Qi	AQ (L/s)	
A	7	ANEL 2	BC	100	45,00	250	259257	0,0148	125,35	0,25383	11,28154	-3,70
B	9		CI	50	5,00	100	72016	0,0191	7898,92	0,19747	78,98917	
C	8		IH	100	-55,00	300	264058	0,0147	50,04	-0,15136	5,50387	
D	7		HB	50	20,00	200	144032	0,0166	214,53	0,08581	8,58128	
E	10								Σ	0,39	104,36	
G	7											
H	5	TRECHOS	L(m)	Q(L/s)	D(mm)	Rey	f	Ri	Ri.Qi. Qi	n.Ri. Qi	AQ (L/s)	
I	10	ANEL 3	CD	100	32,00	250	184360	0,0158	133,82	0,13703	8,56448	2,55
J	25		DJ	50	-10,00	150	96021	0,0180	980,28	-0,09803	19,60561	
K	20		JL	100	-50,00	300	240053	0,0150	51,06	-0,12764	5,10563	
M	10		IC	50	-5,00	100	72016	0,0191	7898,92	-0,19747	78,98917	
N	10								Σ	-0,29	112,26	
128		TRECHOS	L(m)	Q(L/s)	D(mm)	Rey	f	Ri	Ri.Qi. Qi	n.Ri. Qi	AQ (L/s)	
		ANEL 4	DE	100	10,00	150	96021	0,0180	1960,56	0,19606	39,21122	-2,57
			EK	50	5,00	100	72016	0,0191	7898,92	0,19747	78,98917	
			KJ	100	-15,00	200	108024	0,0176	454,91	-0,10236	13,64734	
			JD	50	10,00	150	96021	0,0180	980,28	0,09803	19,60561	
									Σ	0,33	151,45	
		TRECHOS	L(m)	Q(L/s)	D(mm)	Rey	f	Ri	Ri.Qi. Qi	n.Ri. Qi	AQ (L/s)	
		ANEL 5	MN	100	15,00	200	108024	0,0176	454,91	0,10236	13,64734	-2,30
			NE	90	5,00	100	72016	0,0191	14218,05	0,35545	142,18050	
			ED	100	-10,00	150	96021	0,0180	1960,56	-0,19606	39,21122	
			DM	90	25,00	200	180040	0,0158	367,55	0,22972	18,37739	
									Σ	0,49	213,42	

DISCUSSÃO

Os cálculos para dimensionar as adutoras, nos três casos citados, são numerosos, de modo que a operação manual é lenta, cansativa para o usuário e susceptível a ocorrência de erros. A criação de ferramentas automáticas com o uso de macros diminui a possibilidade de erro como também permite cálculos mais rápidos e mais precisos.

CONCLUSÕES

As ferramentas obtidas neste projeto são eficientes e de grande ajuda para dimensionamento de adutoras, pois estes cálculos envolvem muitos processos iterativos que tomam muito tempo quando feitos com o uso de calculadoras. São modelos computacionais de fácil utilização e que podem ajudar alunos da disciplina de hidráulica tanto da graduação como da pós-graduação

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao PIBIC/PROPESQ/CNPq por ter financiado a bolsa para este estudo e ao professor e orientador José Roberto Gonçalves de Azevedo.

REFERÊNCIAS

Cirilo, J. A.; Baptista, M. B.; Coelho, M. M. L. P.; Mascarenhas, F. C. B.; Canali, G. V.; Cabral, J. J. S. P.; Azevedo, J. R. G.; Montenegro, S. M. G. L. Hidráulica Aplicada. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001. v. 1. 619p.

Azevedo Netto, José Martiniano de et al. Manual de Hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.