

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DOS TUBOS JANELADOS, TIPO ROSCA^{1/}

Salassier Bernardo^{2/}

Wilson Deniculi^{2/}

Antonio Alves Soares^{2/}

Paulo Sérgio Lourenço de Freitas^{3/}

1. INTRODUÇÃO

O método de irrigação por sulco, apesar de usado no Brasil há muito tempo, carece de alternativas, para distribuição de água em sulcos de irrigação, que propiciem melhor uniformidade da vazão aplicada, como sifões de diferentes diâmetros, canais com tubos horizontais («spiles») e tubos janelados (1).

Somente agora está surgindo, por parte das indústrias de material para irrigação, o interesse de lançar no comércio os tubos janelados.

O objetivo deste trabalho foi determinar as características hidráulicas dos tubos janelados, tipo rosca, da Tubos e Conexões TIGRE S.A.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa.

Foram determinadas as características hidráulicas dos tubos janelados fabricados pela Tubos e Conexões TIGRE S.A., a serem lançados no mercado, com diâmetro nominal de 100 a 150 mm (DN 100 e DN 150).

^{1/} Trabalho resultante de convênio firmado entre a Fundação Artur Bernardes (FUNARBE) e a Tubos e Conexões TIGRE S.A.

Aceito para publicação em 23-05-1988.

^{2/} Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Pós-graduando do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

2.1. *Determinação da Vazão com base na Pressão de Serviço e na Abertura da Janela*

Para cada diâmetro estudado, a vazão foi medida pelo método volumétrico direto. A pressão variou de 0,5 a 6,0 mca, com intervalo de 0,5 mca. Para cada pressão fixada, variou-se o número de voltas da janela (de 0,5 a 4,0 voltas), com intervalo de 0,5 volta. Para eliminar o efeito da variação da vazão nos tubos janelados, decorrente do processo de fabricação, trabalhou-se com uma amostra de cinco tubos de 1,0 m de comprimento, com três repetições para cada situação de pressão e cada número de voltas, sendo a média aritmética das vazões utilizada para compor a equação da vazão, conforme a pressão e o número de voltas.

Com os dados de pressão e de vazão, para cada abertura da janela, foi ajustada uma equação, da forma

$$q = aH^b \quad \text{eq. 1}$$

em que

q = vazão da janela, em l/s;

a = coeficiente da janela;

H = pressão de operação da janela, em mca;

b = expoente adimensional.

Com as equações obtidas traçaram-se duas famílias de curvas de vazão, considerando a pressão e a abertura da janela, para cada diâmetro analisado.

2.2. *Uniformidade de Vazão das Janelas*

A uniformidade de vazão das janelas foi estudada por meio do coeficiente de variação (CV), para cada situação de vazão, de pressão e de abertura da janela.

2.3. *Perda de Carga Localizada*

Foi determinada a perda de carga localizada devida à janela, em 18 metros de tubulação, para DN 100 e DN 150, com janelas espaçadas de metro em metro.

Vários autores (2, 3, 4, 5) sugerem a determinação da perda de carga localizada por meio da seguinte equação:

$$h_a = \frac{h_t - h_f}{18}, \quad \text{eq.2}$$

sendo

h_a = perda de carga localizada média, para cada janela, em mca;

h_t = perda de carga total, em mca, para a tubulação com 18 janelas vedadas;

h_f = perda de carga distribuída, em mca.

Para calcular a perda de carga distribuída (h_f), utilizaram-se as tabelas fornecidas pela Tubos e Conexões TIGRE S.A. (Tabelas da Tigre), para DN 100 e DN 150. Essas tabelas permitiram a obtenção das seguintes equações:

a) para DN 100:

$$h_f = 0,00022758 L Q^{1,9173} \text{ e,} \quad \text{eq. 3}$$

b) para DN 150:

$$h_f = 0,000034751 L Q^{1,8898}, \quad \text{eq. 4}$$

sendo

L = comprimento da tubulação, em m ($L = 18,76$ m), e

Q = vazão no início da tubulação, em l/s.

A perda de carga total (h_t) foi determinada por meio de um manômetro diferencial de mercúrio, instalado em 18,76 metros de tubos de DN 100 e DN 150, com 18 janelas fechadas e uniformemente espaçadas de um metro. A equação utilizada para calcular h_t , para ambos os diâmetros estudados, foi

$$h_t = 12,6 h, \quad \text{eq. 5}$$

sendo

h = deflexão manométrica, em mcHg.

Finalmente, o valor do coeficiente médio de perda de carga localizada (K) foi:

a) para DN 100 (diâmetro interno igual a 97 mm):

$$K = 1070 h_a Q^{-2} \text{ e,} \quad \text{eq. 6}$$

b) para DN 150 (diâmetro interno igual a 143,3 mm):

$$K = 5098 h_a Q^{-2}, \quad \text{eq. 7}$$

sendo

K = coeficiente médio de perda de carga localizada, adimensional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Determinação da Vazão com base na Pressão de Serviço e na Abertura da Janela

Nos Quadros 1 e 2 podem ser observados os resultados dos testes feitos para os tubos de DN 100 e DN 150, respectivamente.

As equações encontradas, para cada número de voltas estabelecido, foram:

a) para DN 100:

$$q_{0,5} = 0,499 H^{0,530} \quad \text{eq. 8}$$

$$q_{1,0} = 0,979 H^{0,528} \quad \text{eq. 9}$$

$$q_{1,5} = 1,39 H^{0,515} \quad \text{eq. 10}$$

$$q_{2,0} = 1,62 H^{0,499} \quad \text{eq. 11}$$

$$q_{2,5} = 1,73 H^{0,500} \quad \text{eq. 12}$$

$$q_{3,0} = 1,80 H^{0,492} \quad \text{eq. 13}$$

$$q_{3,5} = 1,86 H^{0,483} \quad \text{eq. 14}$$

$$q_{4,0} = 1,85 H^{0,486} \quad \text{eq. 15}$$

b) para DN 150:

$$q_{0,5} = 0,509 H^{0,490} \quad \text{eq. 16}$$

$$q_{1,0} = 0,964 H^{0,540} \quad \text{eq. 17}$$

$$q_{1,5} = 1,40 H^{0,516} \quad \text{eq. 18}$$

$$q_{2,0} = 1,65 H^{0,499} \quad \text{eq. 19}$$

$$q_{2,5} = 1,76 H^{0,497} \quad \text{eq. 20}$$

$$q_{3,0} = 1,83 H^{0,491} \quad \text{eq. 21}$$

$$q_{3,5} = 1,85 H^{0,490} \quad \text{eq. 22}$$

$$q_{4,0} = 1,85 H^{0,492} \quad \text{eq. 23}$$

Para as equações de 8 a 23, definem-se: $q_{0,5}$, $q_{1,0}$,, $q_{4,0}$ = vazão da janela, em l/s, para 0,5, 1,0, e 4,0 voltas, respectivamente.

H = pressão de operação na janela, em mca.

A representação gráfica dessas equações encontra-se nas Figuras 1 e 2, para os diâmetros de 100 e 150, respectivamente. Em razão de serem as mesmas as janelas adaptadas a cada diâmetro de tubo (mesmos tamanhos), as curvas, para o mesmo número de voltas, praticamente coincidem, podendo ser adotada, na prática, uma das famílias de curvas, independentemente do diâmetro (DN 100 e DN 150).

Nessas figuras pode ser observado ainda que, para número de voltas da janela entre 0,5 e 1,5, ocorre grande variação na vazão, para a mesma pressão, o que mostra a dificuldade de obter pequenas vazões pela regulagem do número de voltas das janelas.

3.2. Uniformidade de Vazão das Janelas

Nos Quadros 1 e 2 encontram-se os coeficientes de variação de vazão, em percentagem (CV), para DN 100 e DN 150, para cada intervalo de pressão, conforme o número de voltas fixado. Esse coeficiente fornece uma idéia do grau de uniformidade de vazão das janelas. Observa-se que apenas três valores de CV situaram-se acima de 5%.

QUADRO 1 - Vazão (l/s), conforme a pressão (m.c.a) e o nº de voltas da janela

Pressão	nº voltas	T1	T2	T3	T4	T5	Média	S	CV	Média
0,5	0,5	0,355	0,351	0,369	0,351	0,372	0,360	0,0101	2,82	1,62
	1,0	0,633	0,641	0,703	0,699	0,729	0,681	0,0419	6,15	
	1,5	0,974	0,980	0,982	0,975	0,990	0,980	0,0064	6,65	
	2,0	1,132	1,148	1,146	1,149	1,160	1,147	0,0100	0,87	
	2,5	1,215	1,228	1,231	1,220	1,237	1,226	0,0080	0,71	
	3,0	1,261	1,275	1,271	1,280	1,284	1,274	0,0089	0,70	
	3,5	1,315	1,321	1,324	1,310	1,317	1,317	0,0054	0,41	
	4,0	1,323	1,313	1,301	1,304	1,310	1,310	0,0086	0,66	
	4,5	0,520	0,501	0,514	0,490	0,522	0,509	0,0136	2,67	
	5,0	0,939	0,973	0,997	0,990	1,024	0,997	0,0314	3,19	
1,0	1,0	1,431	1,401	1,404	1,394	1,400	1,406	0,0101	1,03	1,22
	1,5	1,629	1,644	1,627	1,621	1,639	1,632	0,0093	0,57	
	2,0	1,732	1,753	1,734	1,746	1,762	1,745	0,0127	0,73	
	2,5	1,801	1,823	1,798	1,828	1,817	1,813	0,0133	0,73	
	3,0	1,860	1,853	1,846	1,842	1,850	1,850	0,0069	0,37	
	3,5	1,860	1,845	1,849	1,836	1,847	1,847	0,0076	0,31	
	4,0	0,626	0,594	0,640	0,595	0,667	0,624	0,0310	4,97	
	4,5	1,207	1,207	1,198	1,183	1,253	1,210	0,0262	2,16	
	5,0	1,702	1,697	1,695	1,695	1,748	1,707	0,0229	1,34	
	5,5	1,960	1,983	1,973	1,967	2,035	1,984	0,0299	1,51	
1,5	1,0	2,097	2,121	2,094	2,093	2,160	2,113	0,0287	1,36	1,72
	1,5	2,192	2,167	2,164	2,219	2,245	2,203	0,0304	1,38	
	2,0	2,293	2,266	2,267	2,260	2,271	2,271	0,0127	0,56	
	2,5	2,285	2,257	2,273	2,261	2,269	2,269	0,0110	0,48	
	3,0	0,733	0,697	0,740	0,705	0,759	0,727	0,0256	3,52	
	3,5	1,380	1,377	1,407	1,414	1,441	1,404	0,0264	1,88	
	4,0	1,955	1,981	1,980	1,979	1,985	1,976	0,0120	0,61	
	4,5	2,277	2,286	2,294	2,294	2,281	2,286	0,0076	0,61	
	5,0	2,411	2,450	2,436	2,451	2,443	2,438	0,0164	0,67	
	5,5	2,501	2,526	2,510	2,554	2,516	2,521	0,0204	0,81	
2,0	1,0	2,617	2,582	2,618	2,585	2,600	2,600	0,0170	0,66	1,13
	1,5	2,602	2,576	2,616	2,588	2,595	2,595	0,0150	0,58	
	2,0	0,797	0,770	0,823	0,802	0,800	0,804	0,0193	2,40	
	2,5	1,577	1,555	1,610	1,592	1,628	1,592	0,0385	1,74	
	3,0	2,232	2,210	2,242	2,247	2,221	2,250	0,0151	0,68	
	3,5	2,556	2,535	2,561	2,560	2,574	2,557	0,0141	0,55	
	4,0	2,705	2,732	2,720	2,726	2,739	2,724	0,0129	0,47	
	4,5	2,799	2,812	2,823	2,876	2,822	2,826	0,0294	1,04	
	5,0	2,918	2,902	2,886	2,886	2,897	2,897	0,0102	0,32	
	5,5	2,932	2,899	2,908	2,878	2,904	2,904	0,0194	0,67	
3,0	1,0	0,766	0,863	0,907	0,861	0,929	0,887	0,0297	3,35	1,01
	1,5	0,873	1,706	1,767	1,743	1,798	1,747	0,0363	2,08	
	2,0	2,445	2,429	2,458	2,456	2,458	2,449	0,0125	0,51	
	2,5	2,811	2,782	2,822	2,820	2,819	2,813	0,0188	0,67	
	3,0	2,980	2,980	2,992	2,992	3,000	2,994	0,0076	0,61	
	3,5	3,062	3,092	3,079	3,127	3,115	3,095	0,0264	0,85	
	4,0	3,197	3,161	3,177	3,136	3,167	3,168	0,0223	0,71	
	4,5	3,198	3,167	3,192	3,153	3,178	3,178	0,0183	0,58	
	5,0	0,929	0,940	0,981	0,927	1,012	0,958	0,0373	3,90	
	5,5	1,875	1,874	1,904	1,877	1,948	1,895	0,0326	1,72	
3,5	1,0	2,639	2,642	2,656	2,655	2,673	2,649	0,0076	0,61	1,17
	1,5	3,017	3,003	3,036	3,023	3,049	3,026	0,0177	0,58	
	2,0	3,203	3,211	3,212	3,226	3,239	3,218	0,0143	0,44	
	2,5	3,302	3,320	3,318	3,350	3,345	3,327	0,0200	0,60	
	3,0	3,429	3,411	3,430	3,357	3,410	3,403	0,0287	1,13	
	3,5	3,438	3,483	3,420	3,369	3,405	3,405	0,0353	0,81	
	4,0	0,995	0,981	1,038	1,013	1,072	1,020	0,0361	3,54	
	4,5	2,009	2,046	2,046	2,005	2,092	2,040	0,0352	1,73	
	5,0	2,818	2,827	2,841	2,816	2,855	2,831	0,0165	0,58	
	5,5	3,219	3,240	3,237	3,241	3,272	3,242	0,0191	0,59	
4,0	1,0	3,441	3,409	3,429	3,454	3,458	3,435	0,0199	0,58	1,22
	1,5	3,537	3,533	3,538	3,584	3,571	3,553	0,0202	0,65	
	2,0	3,656	3,625	3,618	3,600	3,624	3,625	0,0202	0,56	
	2,5	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	3,0	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	3,5	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	4,0	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	4,5	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	5,0	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
	5,5	3,652	3,625	3,634	3,593	3,624	3,636	0,0214	0,59	
4,5	1,0	2,130	2,119	2,174	2,159	2,185	2,153	0,0282	1,31	1,46
	1,5	3,020	3,035	3,012	2,991	3,027	3,017	0,0168	0,56	
	2,0	3,430	3,450	3,411	3,411	3,457	3,436	0,0128	0,53	
	2,5	3,632	3,675	3,640	3,630	3,671	3,650	0,0217	0,60	
	3,0	3,750	3,809	3,759	3,805	3,817	3,748	0,0779	2,08	
	3,5	3,833	3,850	3,875	3,834	3,861	3,851	0,0180	0,47	
	4,0	3,928	3,857	3,862	3,825	3,868	3,868	0,0374	0,97	
	4,5	3,165	3,154	3,122	3,126	3,193	3,170	0,0336	2,87	
	5,0	2,118	2,264	2,289	2,296	2,309	2,205	0,0208	0,80	
	5,5	3,230	3,188	3,188	3,173	3,204	3,197	0,0217	0,68	
5,0	1,0	3,659	3,613	3,633	3,633	3,625	3,633	0,0169	0,46	0,95
	1,5	3,869	3,882	3,849	3,866	3,928	3,879	0,0299	0,77	
	2,0	3,979	3,991	3,941	4,028	3,965	3,981	0,0323	0,81	
	2,5	4,067	4,043	4,018	4,048	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	3,0	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	3,5	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	4,0	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	4,5	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	5,0	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
	5,5	4,078	4,040	4,063	4,015	4,049	4,049	0,0203	0,50	
5,5	1,0	2,425	2,362	2,415	2,425	2,391	2,404	0,0271	1,13	0,92
	1,5	3,347	3,328	3,354	3,332	3,346	3,341	0,0109	0,33	
	2,0	3,818	3,803	3,803	3,815	3,805	3,809	0,0072	0,19	
	2,5	4,046	4,060	4,048	4,038	4,120	4,076	0,0336	0,83	
	3,0	4,150	4,208	4,136	4,177	4,176	4,169	0,0167	0,67	
	3,5	4,269	4,225	4,251	4,211	4,240	4,239	0,0225	0,53	
	4,0	4,278	4,224	4,241	4,225	4,238	4,241	0,0219	0,52	
	4,5	4,345	4,302	4,364	4,321	4,374	4,321	0,0624	4,73	
	5,0	4,556	4,463	4,527	4,534	4,546	4,525	0,0365	1,45	
	5,5	4,582	4,507	4,513	4,488	4,492	4,505	0,0130	1,10	
6,0	1,0	3,988	3,974	3,880	3,977	3,970	3,958	0,0440	0,51	1,21
	1,5	4,224	4,252	4,235	4,192	4,225	4,226	0,0219	0,52	
	2,0	4,350	4,375	4,347	4,349	4,343	4,353	0,0127	0,29	
	2,5	4,438	4,413	4,367	4,403	4,404	4,405	0,0255	0,58	
	3,0	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
	3,5	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
	4,0	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
	4,5	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
	5,0	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
	5,5	4,465	4,428	4,423	4,405	4,429	4,430	0,0218	0,49	
Média Geral										1,93

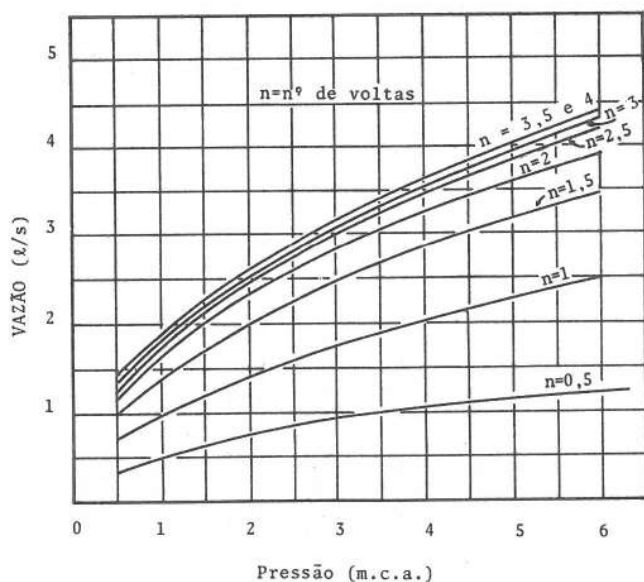


FIGURA 1 - Vazão por janela, para DN 100.

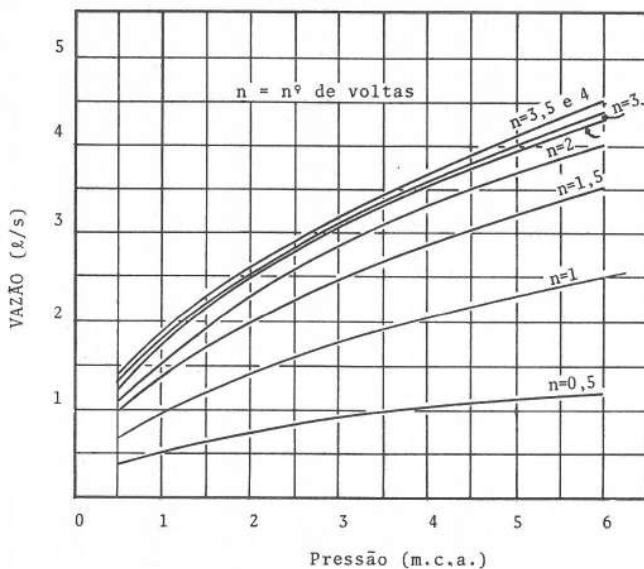


FIGURA 2 - Vazão por janela, para DN 150.

3.3. Perda de Carga Localizada

Os Quadros 3 e 4 mostram os valores dos coeficientes de perda localizada (K) para janelas vedadas. A média dos valores de K é sugerida para o cálculo da perda de carga localizada, para janela totalmente aberta, tomando como referência a vazão de entrada na tubulação.

Considerando os valores médios de K dos Quadros 3 e 4, equações 6 e 7, respectivamente, e explicitando h_a , tem-se:

a) para DN 100:

$$h_a = 8,88 \times 10^{-5} Q^2 \text{ e,} \quad \text{eq. 24}$$

b) para DN 150:

$$h_a = 6,37 \times 10^{-5} Q^2, \quad \text{eq. 25}$$

sendo

h_a = perda de carga localizada média, para cada janela, em mca, e

Q = vazão no início da tubulação, em l/s.

QUADRO 3 - Coeficiente de perda de carga localizada, para tubos janelados, para DN 100

Q (l/s)	h_f (mca) (L = 18,76m)	h_t (mca)	h_a (mca)	K
6,7034	0,1639	0,2394	0,0042	0,1000
7,7404	0,2160	0,3150	0,0055	0,0982
8,9099	0,2828	0,4158	0,0074	0,0997
10,3848	0,3794	0,5670	0,0104	0,1032
12,5409	0,5447	0,8190	0,0512	0,1034
13,6832	0,6438	0,9324	0,0160	0,0913
14,4810	0,7177	1,0584	0,0189	0,0964
15,0888	0,7766	1,1466	0,0206	0,0968
15,8158	0,8499	1,2474	0,0221	0,0945
18,2762	1,1215	1,6506	0,0294	0,0942
24,0451	1,8976	2,7594	0,0479	0,0886
24,7209	2,0012	3,0114	0,0561	0,0982
26,2775	2,2498	3,3390	0,0605	0,0937
27,6929	2,4878	3,6540	0,0648	0,0904
29,1167	2,7388	3,9690	0,0683	0,0862
30,2272	2,9426	4,2840	0,0745	0,0872
Média				0,095

QUADRO 4 - Coeficiente de perda de carga localizada, para tubos janelados, para DN 150

Q(l/s)	h_f (mca) (L = 18,76m)	h_t (mca)	h_a (mca)	K
13,27	0,0863	0,2889	0,01126	0,3258
13,93	0,0946	0,3264	0,01288	0,3383
14,56	0,1029	0,3564	0,01408	0,3387
15,06	0,1097	0,3808	0,01506	0,3385
15,74	0,1192	0,4221	0,01683	0,3463
16,39	0,1287	0,4465	0,01765	0,3351
16,58	0,1315	0,4652	0,01853	0,3438
17,32	0,1428	0,5084	0,02031	0,3452
17,75	0,1496	0,5272	0,02098	0,3394
18,53	0,1623	0,5740	0,02287	0,3396
19,78	0,1836	0,6378	0,02523	0,3288
20,70	0,2000	0,6697	0,02609	0,3105
20,98	0,2052	0,7016	0,02758	0,3194
21,82	0,2210	0,7598	0,02993	0,3205
23,02	0,2445	0,8123	0,03154	0,3035
24,50	0,2751	0,8742	0,03328	0,2827
26,15	0,3111	0,9492	0,03545	0,2643
Média				0,3247

As equações 3, 4, 24 e 25 podem ser representadas graficamente, conforme as Figuras 3 e 4.

4. RESUMO

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa, visando à determinação das características hidráulicas dos tubos janelados, tipo rosca, da Tubo e Conexões TIGRE S.A., para diâmetros nominais de 100 e 150.

Com base nos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

- a vazão, conforme o número de voltas da janela e pressão de operação, independe do diâmetro do tubo;
- o baixo coeficiente de variação (CV) encontrado nos testes (abaixo de 5%) permite sugerir que a uniformidade de vazão é muito boa, sendo a variação de vazão decorrente dos processos normais de fabricação;
- em virtude da grande variação na vazão, para número de voltas da janela entre 0,5 e 1,5, mantida a mesma pressão de operação, recomenda-se ao fabricante

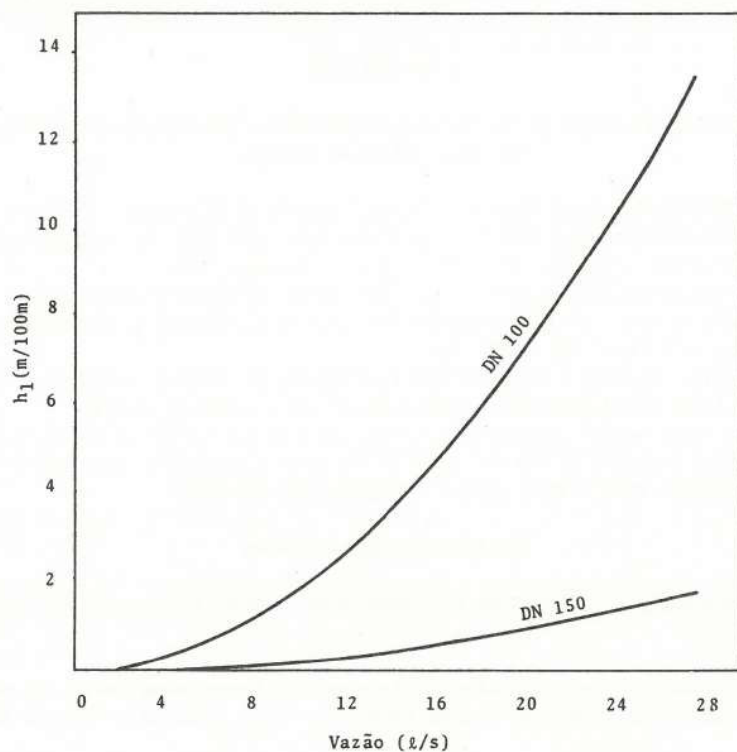


FIGURA 3 - Perda de carga distribuída para tubo virgem.

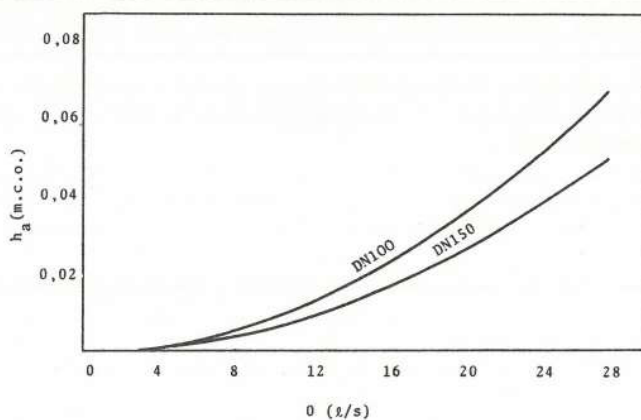


FIGURA 4 - Perda de carga localizada, por janela.

que sejam desenvolvidos outros modelos de janelas, com menor abertura da parte fixada no tubo, para que se obtenha variação mais suave na vazão.

5. SUMMARY

(DETERMINATION OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF GATED TUBES, «ROSCA» TYPE)

The hydraulic characteristics of gated pipe, with diameters of 100 and 150 millimeters, manufactured by Tubos e Conexões Tigre S.A., were studied in the Hydraulics Laboratory at the Universidade Federal de Viçosa.

The results showed that there was no difference in gate discharge with relation to the number of turns required for opening or operating pressure for the diameters of 100 and 150 millimeters.

The gates showed a good uniformity of discharge, with a coefficient of variation less than 5% attributable to the normal manufacturing process.

There was a large discharge variation, for a given operating pressure, when the opening varied from 0.5 to 1.5 turns. To solve this problem the authors suggest a decrease in the fixed part of the opening in the gate.

6. LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 4 ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1986. 488 p.
2. FARIA, M.A.F. *Características Hidráulicas de Microgotejador Irtec e da Linha Lateral de Irrigação*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1981. 78 p. (Tese de M.S.).
3. GONÇALVES, M.C.A. *Análise da Perda de Carga em Tubos Perfurados para Irrigação, pela Comparação entre o Conceito de Vazão Fictícia e a Metodologia Proposta por Chistiansen*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1988. 80 p. (Tese de M.S.).
4. OLIVEIRA, C.A.S. *Hidráulica de Gotejadores e de Linhas Laterais para Irrigação por Gotejamento*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1978. 72 p. (Tese de M.S.).
5. SOARES, A.S. *Características Hidráulicas de Microtubos Cipla e de Linhas Laterais para Irrigação por Gotejamento*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1981. 68 p. (Tese de M.S.).