

Contribuição para o Estudo das Canalizações Secundárias das Rêdes de Distribuições de Água Potável

JOSÉ AUGUSTO MARTINS

Professor Catedrático de Hidráulica Aplicada, da Escola Politécnica, da Universidade de São Paulo.

(Conclusão)

VI — ESTUDO DOS CONDUTOS SECUNDÁRIOS PARA REGIME DE ABASTECIMENTO SEM REGULARIZAÇÃO E COM AS VAZÕES MÁXIMAS PROVÁVEIS

1 — GENERALIDADES

Em trabalho recente, apresentado como tese de concurso à Cadeira de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotos da Faculdade de Higiene e Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, Yassuda (2-III) estudou a determinação das vazões de distribuição em rêsdes de água potável, para regime de fornecimento sem regularização.

A vazão em uma secção de um conduto é função dos aparelhos sanitários, situados à jusante, que efetivamente estão sendo utilizados. O seu cálculo foi feito com base em um critério probabilístico, considerado um grau de segurança satisfatório, admitindo-se que “das n peças, é provável que no máximo m sejam solicitadas simultaneamente, quando a probabilidade de uso simultâneo de um número qualquer superior a m for igual a apenas 1%”.

As peças de utilização foram classificadas em duas classes:

“a) peças tipo I com vazão de operação não excedendo a 0,30 litros por segundo;

b) peças com vazão entre 0,30 e 1,90 litros por segundo; esta classe incluindo, apenas as bacias sanitárias com válvula de descarga”.

As rêsdes foram classificadas segundo o tipo de peças de utilização:

— rêsdes abastecendo somente peças de tipo I

— rêsdes abastecendo somente peças de tipo II

— rêsdes abastecendo peças de tipo I e de tipo II.

Para esta última categoria de rêsdes de distribuição, foram considerados três casos, em que a vazão correspondente a peças do tipo II era respectivamente 25%, 50% e 100% da vazão média, em cada secção, devida às peças em uso simultâneo.

Foram obtidas cinco curvas da vazão máxima provável, em função do número de prédios ou da população, que consideraram:

— quota per-capita: 200 litros por habitante dia

— coeficiente do dia de maior consumo 1,50

— coeficiente da hora de maior consumo 1,50

Dessas curvas retiramos as vazões dos Quadros VI-1 a VI-12. Para valores diferentes de quota per-capita e dos coeficientes de variação, Yassuda (2-III), dá fatores, que possibilitam a determinação das vazões correspondentes.

Ao determinar o diâmetro mínimo das derivações admitimos que, em cada tipo de rêsde, para cada distância d entre condutos principais, uma derivação abastecesse uma área média igual, correspondendo, em cada distribuição de população, ao mesmo número de residências.

A derivação foi admitida como elemento independente, para aplicação do critério estudado por Yassuda.

2 — Rêsdes em Grelha

Os Quadros VI-1 a VI-6 dão os valores dos diâmetros necessários para os condutos secundários.

3 — Rêsdes Malhadas

Os Quadros VI-7 a VI-12 dão os valores dos diâmetros necessários para os condutos secundários.

QUADRO VI-1

60 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	12	1,3	2,3	3,0	3,5	3,9	75	100	100	100	100
300	18	1,7	2,7	3,5	4,0	4,4	75	100	100	100	100
400	24	1,9	3,0	3,9	4,4	4,9	75	100	100	100	150
500	30	2,2	3,3	4,2	4,6	5,3	75	100	100	100	150
600	36	2,4	3,6	4,5	5,0	5,7	100	100	100	150	150
700	42	2,7	3,8	4,8	5,3	6,0	100	100	150	150	150
800	48	3,0	4,2	5,1	5,7	6,6	100	100	150	150	150
900	54	3,2	4,4	5,4	5,9	6,9	100	100	150	150	150
1.000	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150

QUADRO VI-2

100 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	20	1,8	2,8	3,6	4,1	4,6	75	100	100	100	100
300	30	2,2	3,3	4,2	4,6	5,3	75	100	100	100	150
400	40	2,6	3,8	4,7	5,3	6,0	100	100	100	150	150
500	50	3,1	4,3	5,3	5,8	6,7	100	100	150	150	150
600	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150
700	70	3,9	5,1	6,1	6,8	7,9	100	150	150	150	150
800	80	4,3	5,5	6,6	7,3	8,5	100	150	150	150	150
900	90	4,6	5,8	6,9	7,7	9,0	100	150	150	150	150
1.000	100	5,0	6,2	7,4	8,2	9,7	150	150	150	150	150

QUADRO VI-3

150 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	30	2,2	3,3	4,2	4,6	5,3	75	100	100	100	150
300	45	2,9	4,0	5,0	5,5	6,3	100	100	150	150	150
400	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150
500	75	4,1	5,3	6,3	7,0	8,2	100	150	150	150	150
600	90	4,6	5,8	6,9	7,7	9,0	100	150	150	150	150
700	105	5,1	6,3	7,6	8,4	9,9	150	150	150	150	150
800	120	5,7	6,9	8,1	9,0	10,7	150	150	150	150	150
900	135	6,1	7,5	8,7	9,7	11,6	150	150	150	150	150
1.000	150	6,7	7,9	9,2	10,3	12,3	150	150	150	150	150

QUADRO VI-4
200 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	40	2,6	3,8	4,7	5,3	6,0	100	100	100	150	150
300	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150
400	80	4,3	5,5	6,6	7,3	8,5	100	150	150	150	150
500	100	5,0	6,2	7,4	8,2	9,7	150	150	150	150	150
600	120	5,7	6,9	8,1	9,0	10,7	150	150	150	150	150
700	140	6,4	7,6	8,9	9,9	11,8	150	150	150	150	150
800	160	7,1	8,3	9,6	10,8	12,8	150	150	150	150	150
900	180	7,8	8,9	10,3	11,5	13,7	150	150	150	150	150
1.000	200	8,4	9,6	11,0	12,2	14,5	150	150	150	150	200

QUADRO VI-5
300 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150
300	90	4,6	5,8	6,9	7,7	9,0	100	150	150	150	150
400	120	5,7	6,9	8,1	9,0	10,7	150	150	150	150	150
500	150	6,7	7,9	9,2	10,3	12,3	150	150	150	150	150
600	180	7,8	8,9	10,3	11,5	13,7	150	150	150	150	150
700	210	8,7	10,0	11,4	12,5	15,0	150	150	150	150	200
800	240	9,7	11,2	12,2	12,8	16,2	150	150	150	150	200
900	270	10,7	12,0	13,4	14,7	17,7	150	150	150	200	200
1.000	300	11,6	13,0	14,3	15,9	18,8	150	150	200	200	200

QUADRO VI-6
360 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	72	4,0	5,2	6,2	6,9	8,0	100	150	150	150	150
300	108	5,3	6,5	7,7	8,6	10,1	150	150	150	150	150
400	144	6,6	7,8	9,0	10,1	12,0	150	150	150	150	150
500	180	7,8	8,9	10,3	11,5	13,7	150	150	150	150	150
600	216	8,8	10,1	11,5	12,7	15,2	150	150	150	150	200
700	252	10,0	11,5	12,7	14,0	16,8	150	150	150	150	200
800	288	11,3	12,4	13,9	15,5	18,2	150	150	150	200	200
900	324	12,3	13,7	15,1	16,6	19,7	150	150	200	200	200
1.000	360	13,6	14,9	16,2	18,0	21,5	150	200	200	200	200

QUADRO VI-7

60 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	12	1,3	2,3	3,0	3,5	3,9	75	100	100	100	100
300	14	1,4	2,4	3,2	3,7	4,1	75	100	100	100	100
400	16	1,6	2,6	3,4	3,8	4,3	75	100	100	100	100
500	19	1,7	2,7	3,5	4,0	4,5	75	100	100	100	100
600	22	1,8	2,9	3,7	4,2	4,7	75	100	100	100	100
700	24	1,9	3,0	3,9	4,4	4,9	75	100	100	100	150
800	27	2,1	3,2	4,0	4,5	5,1	75	100	100	100	150
900	30	2,2	3,3	4,2	4,6	5,3	75	100	100	100	150
1.000	33	2,3	3,4	4,3	4,8	5,5	100	100	100	150	150

QUADRO VI-8

100 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	20	1,8	2,8	3,6	4,1	4,6	75	100	100	100	100
300	23	1,9	2,9	3,8	4,3	4,8	75	100	100	100	150
400	27	2,1	3,2	4,0	4,5	5,1	75	100	100	100	150
500	31	2,2	3,4	4,2	4,7	5,3	75	100	100	100	150
600	36	2,4	3,6	4,5	5,0	5,7	100	100	100	150	150
700	41	2,7	3,8	4,8	5,3	6,0	100	100	150	150	150
800	46	2,9	4,1	5,0	5,6	6,5	100	100	150	150	150
900	51	3,1	4,3	5,3	5,8	6,7	100	100	150	150	150
1.000	55	3,3	4,5	5,5	6,0	7,0	100	100	150	150	150

QUADRO VI-9

150 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIÂMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	30	2,2	3,3	4,2	4,6	5,3	75	100	100	100	150
300	34	2,4	3,5	4,4	4,9	5,6	100	100	100	150	150
400	40	2,6	3,8	4,7	5,3	6,0	100	100	100	150	150
500	47	2,9	4,2	5,1	5,6	6,5	100	100	150	150	150
600	54	3,2	4,4	5,4	5,9	6,9	100	100	150	150	150
700	61	3,5	4,7	5,8	6,3	7,4	100	100	150	150	150
800	69	3,8	5,0	6,0	6,8	7,9	100	150	150	150	150
900	76	4,1	5,4	6,4	7,1	8,3	100	150	150	150	150
1.000	83	4,4	5,6	6,7	7,4	8,6	100	150	150	150	150

QUADRO VI-10
200 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIAMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	40	2,6	3,8	4,7	5,3	6,0	100	100	100	150	150
300	45	2,9	4,0	5,0	5,5	6,3	100	100	150	150	150
400	53	3,1	4,4	5,3	5,8	6,7	100	100	150	150	150
500	63	3,6	4,8	5,8	6,4	7,5	100	150	150	150	150
600	72	4,0	5,2	6,2	6,9	8,0	100	150	150	150	150
700	81	4,3	5,5	6,6	7,3	8,5	100	150	150	150	150
800	91	4,6	5,8	7,0	7,8	9,0	100	150	150	150	150
900	101	5,0	6,2	7,4	8,2	9,8	150	150	150	150	150
1.000	111	5,4	6,5	7,8	8,7	10,4	150	150	150	150	150

QUADRO VI-11
300 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIAMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	60	3,5	4,7	5,7	6,2	7,3	100	100	150	150	150
300	68	3,8	5,0	6,0	6,7	7,9	100	150	150	150	150
400	90	4,3	5,5	6,6	7,3	8,5	100	150	150	150	150
500	94	4,7	5,9	7,1	7,9	9,2	100	150	150	150	150
600	108	5,3	6,3	7,6	8,4	10,1	150	150	150	150	150
700	122	5,8	7,0	8,2	9,2	10,9	150	150	150	150	150
800	137	6,2	7,6	8,8	9,8	11,7	150	150	150	150	150
900	152	6,8	8,0	9,3	10,4	12,4	150	150	150	150	150
1.000	167	7,3	8,5	9,9	11,0	13,0	150	150	150	150	150

QUADRO VI-12
360 HABITANTES POR HECTARE

DISTANCIAS d (m)	RESIDENCIAS por DERIVAÇÃO	VAZÕES EM l/seg					DIAMETROS EM mm				
		I	25%	50%	75%	II	I	25%	50%	75%	II
200	72	4,0	5,2	6,2	6,9	8,0	100	150	150	150	150
300	81	4,3	5,5	6,6	7,3	8,5	100	150	150	150	150
400	96	4,9	6,0	7,2	8,0	9,6	150	150	150	150	150
500	112	5,4	6,6	7,9	8,8	10,3	150	150	150	150	150
600	129	6,0	7,3	8,5	9,5	11,5	150	150	150	150	150
700	144	6,5	7,7	9,0	10,0	12,0	150	150	150	150	150
800	164	7,2	8,4	9,8	10,9	13,0	150	150	150	150	150
900	179	7,7	8,9	10,2	11,5	13,7	150	150	150	150	150
1.000	200	8,4	9,7	11,0	12,2	14,4	150	150	150	150	200

4 — Conclusões

No caso de abastecimento sem regularização, com as vazões máximas prováveis, para o dimensionamento das canalizações verifica-se que:

— é vantajoso o traçado das canalizações principais em malha, pois, possibilita vazões menores nas derivações e para estas, diâmetros, em geral, menores.

— a utilização de bacias sanitárias com válvula de descarga obriga, em geral, a adoção de diâmetros maiores para os condutos secundários,

— o diâmetro mínimo necessário, para os condutos secundários, é superior aos correspondentes ao regime de abastecimento com regularização, com vazões correspondentes aos valores máximos horários, admitida para este caso a simultaneidade da alimentação, segundo os Quadros VI-1 a VI-12 e V-10, V-11, V-14 e V-15 (apesar da discrepância do coeficiente do dia de maior consumo, 1,50 nos valores dos Quadros VI e 1,25 nos valores dos Quadros V, as vazões de ambos podem ser utilizadas, para o confronto),

— no regime de abastecimento sem regularização, conforme Quadro IV-12 há, em geral, necessidade de hidrômetros, com vazão característica superior a 3m³.

VII — ESTUDO DOS CONDUTOS SECUNDÁRIOS PARA REGIME DE ABASTECIMENTO COM REGULARIZAÇÃO E COM AS VAZÕES MÁXIMAS PROVÁVEIS.

1 — GENERALIDADES

Neste capítulo serão determinados os diâmetros dos condutos secundários das redes de distribuição, para o regime de abastecimento com regularização, admitidas as vazões máximas prováveis.

Serão considerados os diversos tipos de redes, os diferentes espaçamentos para os condutos principais e a distribuição de população dos Quadros III-5 e III-6.

Uma derivação de um conduto principal abastecerá, em cada caso, em média, o mesmo número de residências.

Sendo n o número de domicílios alimentados por uma derivação, a vazão Q correspondente será determinada, com base em um critério probabilístico, onde:

$$Q = mq \quad (\text{VII-1})$$

sendo:

q a vazão média do ramal predial e conduto alimentador predial de cada reservatório domiciliário e, m o número máximo provável de reservatórios em alimentação simultânea.

A probabilidade de um único reservatório estar sendo alimentado é:

$$p = \frac{t}{T} \quad (\text{VII-2})$$

sendo:

t a duração média do escoamento da água para o reservatório, em segundos e T a média, em segundos, entre duas operações sucessivas de alimentação do reservatório predial.

Na instalação predial tal critério só moderará ser admitido, com segurança, quando forem utilizados, no ramal predial, adequados dispositivos limitadores da vazão de entrada.

Essa vazão, nos casos correntes é bastante variável podendo depender de inúmeros fatores:

- pressão disponível na rede de distribuição
- diâmetro do ramal predial e do alimentador predial

- comprimento desses condutos
- tipo do material das tubulações
- idade de utilização das canalizações
- diferença de cota
- qualidade da água distribuída
- tipo de peças especiais e órgãos acessórios
- hábitos da população da residência
- tipo de aparelhos sanitários.

Além de variável não é contínua, dependendo muito, entre outros fatores, do regime de vida dentro da habitação.

Apesar de tudo é possível, com o emprêgo de dispositivos limitadores da vazão de entrada, reguláveis para cada caso particular, reduzir muito a variação de vazão e tornar o escoamento, para o reservatório, praticamente contínuo no intervalo de tempo t .

A probabilidade de x reservatórios, e apenas x , dos n correspondentes a uma derivação, estarem sendo abastecidos simultaneamente é dada pela distribuição binomial (18-Cap 21).

$$p_x^n = C_x^n p^x (1 - p)^{n-x} \quad (\text{VII-3})$$

O valor de m será calculado para um grau de segurança usualmente adotado, para problemas dessa natureza, admitindo que o abastecimento seja adequado em 99% do tempo. Igual critério usaram Hunter (17-8) e Yassuda (2-94) em seus trabalhos.

Na determinação de m deverá ser obedecida a condição:

$$\sum_{x=m}^n p_x^n \geq 0,01 \geq \sum_{x=m+1}^n p_x^n \quad (\text{VII-4})$$

sendo:

$\sum_{x=m}^n p_x^n$ a probabilidade de um número qualquer de reservatórios, maior do que $m-1$, estar sendo abastecido e

$\sum_{x=m+1}^n p_x^n$ a probabilidade de um número qualquer de reservatórios, maior do que m , estar sendo do abastecido.

Para o traçado das curvas, que permitam a determinação do número máximo provável de reservatórios, em abastecimento simultâneo, vamos utilizar a distribuição de Poisson (18-Cap 22) em lugar da binomial, para podermos evitar cálculos numéricos laboriosíssimos empregando tabelas referentes a essa outra distribuição.

Neste caso a probabilidade de x reservatórios e apenas x , dos n , estarem sendo abastecidos simultaneamente é:

$$p_x^n = \frac{e^{-M_x} M_x^x}{x!} \quad (\text{VIII-5})$$

sendo $M_x = np$, a média verdadeira. (VII-6)

O valor de m será determinado com critério análogo:

$$\sum_{x=m}^{\infty} \frac{e^{-M_x} M_x^x}{x!} \geq 0,1 \geq \sum_{x=m+1}^{\infty} \frac{e^{-M_x} M_x^x}{x!} \quad (\text{VII-7})$$

Os resultados obtidos em ambos os casos são muito próximos como já foi demonstrado por Yassuda (2-III) e como pode ser, em nosso caso, verificado pelo Quadro VII-1, para diversos valores de p .

Para a distribuição binomial, foram utilizadas as tabelas do National Bureau of Standards (19) até $n = 49$ e as de Romig (20) de $n = 50$ a $n = 100$ e para a distribuição de Poisson, as tabelas de Molina (21).

2 — DETERMINAÇÃO DAS CURVAS (n,m)

A determinação das curvas (n,m) foi feita com o auxílio das tabelas de Molina.

A partir dos valores de m procurou-se nas tabelas o menor valor de $a = M_x$ que satisfaça a condição (VII-7).

Finalmente de (VII-6), $M_x = np$ tem-se para cada p o valor de n correspondente ao m dado.

QUADRO VII — 1
VALORES DE m

n	DISTRIBUIÇÃO BINOMIAL				DISTRIBUIÇÃO DE POISSON			
	p = 0,01	p = 0,05	p = 0,10	p = 0,20	p = 0,01	p = 0,05	p = 0,10	p = 0,20
10	2	3	4	5	2	3	4	6
20	3	4	6	9	2	4	6	10
30	3	5	7	11	3	5	8	13
40	3	6	9	14	3	6	10	16
50	3	7	10	17	3	7	11	18
60	3	7	12	20	3	8	13	21
70	3	8	13	22	3	9	14	24
80	3	9	15	25	4	10	16	26
90	4	10	16	27	4	11	17	28
100	4	11	17	30	4	11	18	31

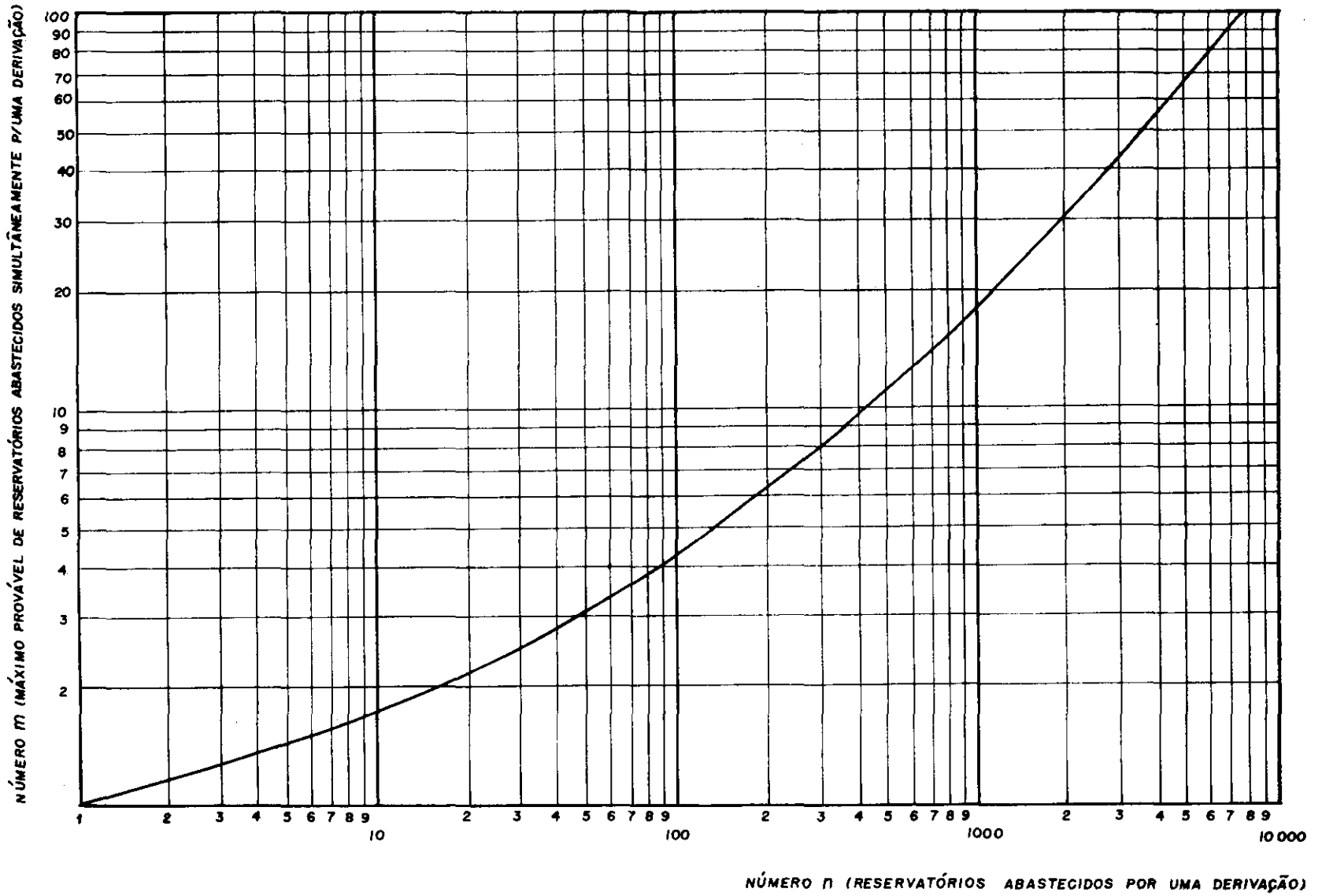
QUADRO VII — 2

m	np	n	m	np	n	m	np	n	m	np	n
1	0,01	1	15	7,5	750	29	18	1800	43	30	3000
2	0,15	15	16	8,2	820	30	19	1900	44	31	3100
3	0,5	50	17	8,9	890	31	20	2000	45	32	3200
4	0,9	90	18	9,7	970	32	21	2100	50	36	3600
5	1,3	130	19	10,4	1040	33	22	2200	55	40	4000
6	1,8	180	20	11,1	1110	34	22	2200	60	44	4400
7	2,4	240	21	11,9	1190	35	23	2300	65	48	4800
8	3,0	300	22	12,6	1260	36	24	2400	70	53	5300
9	3,6	360	23	13,4	1340	37	25	2500	75	57	5700
10	4,2	420	24	14,1	1410	38	26	2600	80	61	6100
11	4,8	480	25	14,9	1490	39	27	2700	85	66	6600
12	5,5	550	26	16	1600	40	27	2700	90	70	7000
13	6,1	610	27	17	1700	41	28	2800	95	74	7400
14	6,8	680	28	18	1800	42	29	2900	100	79	7900

Foi traçada apenas uma curva (n,m), para o valor de $p = 0,01$. As outras se deduzem imediatamente dela para o mesmo valor de m, a partir de:

$$n_p = n_{0,01} \frac{0,01}{p} \quad (\text{VII-8})$$

FIGURA VII-1
CURVA(n,m) PARA p=0.01



onde:

- $n_{0,01}$ é, para um particular valor de m o valor, que lhe corresponde, quando a probabilidade de um único reservatório estar sendo alimentado é $p = 0,01$,
 n_p o valor, que corresponde ao mesmo m , quando a probabilidade de um único reservatório estar sendo alimentado é p .

O Quadro VII-2 dá os valores de (n,m) para $p = 0,01$ obtidos com as tabelas de Molina.

A curva (n,m) para $p = 0,01$ consta da Figura VII-1.

3 — DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

As vazões, nos condutos secundários, derivações dos condutos principais, foram determinadas pela fórmula (VII-1), $Q = mq$

O valor de n número de reservatórios prediais correspondentes a uma derivação foi feito igual ao número de domicílios, constante do Quadro III-9, para as rês em grelha, e do Quadro III-11, para as rês malhadas.

Conhecido o valor de p determina-se $n_{0,01}$ pela expressão:

$$n_{0,01} = n \frac{p}{0,01} \quad (\text{VII-9})$$

q na figura VII-1 do gráfico (n, m) para $p = 0,01$ se determina o valor de m e em seguida, a vazão Q e os diâmetros correspondentes, obedecidos os limites de velocidade do Quadro III-7.

Três problemas podem ser formulados no caso presente, admitida sempre como conhecida a quota per capita.

1.º Problema — Fixada a distância d entre condutos principais e a distribuição de população, determinar as vazões Q e os diâmetros D das derivações em função de p .

2.º Problema — Fixada a distância d entre condutos principais e o valor de p , determinar as vazões Q e os diâmetros D em função da distribuição de população.

3.º Problema — Fixada a distribuição de população e o valor de p , determinar as vazões Q e os diâmetros D em função da distância entre condutos principais.

Em todos os problemas será efetuado o cálculo, admitindo que se conte com o efeito de regularização do reservatório predial e que este receba, da rede de distribuição, um volume de água diário, correspondente ao consumo da população média do domicílio, no dia mais desfavorável.

Assim nas condições do interior do Estado de São Paulo, lei 1.561-A de 29-12-1951 (4) tem-se:

quota per-capita 200 litros por habitante dia
coeficiente do dia de maior consumo 1,25
consumo médio da residência nesse dia 1.250 l

e para a Capital do Estado de São Paulo, conforme as normas do Departamento de Águas e Esgotos (11);

quota per-capita 300 litros por habitante dia
coeficiente do dia de maior consumo 1,50
consumo médio da residência nesse dia 2.250 l

A vazão q será suposta constante e o abastecimento contínuo durante o intervalo de tempo t ; este ligado a p pela expressão (VII-2):

$$p = \frac{t}{T}$$

o valor de T, nos exemplos, será feito igual a 86.400 segundos e q calculada pela fórmula:

$$q = \frac{C k_1 H}{t}$$

onde

C é a quota per capita em litros por habitante dia

k₁ o coeficiente do dia de maior consumo

H o número médio de habitantes por residência

t a duração da alimentação do reservatório predial

Para cada problema apresentamos nos itens 4,5 e 6 diversos exemplos.

4 — PROBLEMA N.º 1 — DETERMINAÇÃO DE (Q, D) EM FUNÇÃO DE p.

No primeiro problema vamos fixar a distância, entre condutos principais, em 600 metros e fazer as determinações para as distribuições de população de 60, 100, 150 e 300 habitantes por hectare. Os Quadros VII-3 a VII-6 representam o caso de cidades do interior do Estado de São Paulo e os Quadros VII-7 a VII-10 o da sua Capital.

QUADRO VII-3

C = 200 l/hab.dia

d = 600 m

k₁ = 1,25

P = 60 hab/ha

P	t (seg)	q (1/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
			n _{o,ol}	m	Q (1/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (1/seg)	D (mm)
0,01	864	1,45	36	3	4,35	100	22	2	2,90	100
0,02	1.728	0,72	72	4	2,88	100	44	3	2,16	75
0,03	2.592	0,48	108	4	1,92	75	66	3	1,44	75
0,04	3.456	0,36	144	5	1,80	75	88	4	1,44	75
0,05	4.320	0,29	180	6	1,74	75	110	4	1,16	75
0,06	5.184	0,24	216	6	1,44	75	132	5	1,20	75
0,07	6.048	0,21	252	7	1,47	75	154	5	1,05	75
0,08	6.912	0,18	288	8	1,44	75	176	6	1,08	75
0,09	7.776	0,16	324	8	1,28	75	198	6	0,96	75
0,10	8.640	0,15	360	9	1,35	75	220	7	1,05	75
0,11	9.504	0,13	396	10	1,30	75	242	7	0,91	50
0,12	10.368	0,12	432	10	1,20	75	264	7	0,84	50
0,13	11.232	0,11	468	11	1,21	75	286	8	0,88	50
0,14	12.096	0,10	504	11	1,10	75	308	8	0,80	50
0,15	12.960	0,097	540	12	1,16	75	330	9	0,87	50
0,16	13.824	0,090	576	12	1,08	75	354	9	0,81	50
0,17	14.688	0,085	612	13	1,11	75	374	9	0,77	50
0,18	15.552	0,081	648	14	1,14	75	396	10	0,81	50
0,19	16.416	0,076	684	14	1,06	75	418	10	0,76	50
0,20	17.280	0,072	720	15	1,08	75	440	10	0,72	50

QUADRO VII-4

$c = 200 \text{ l/hab.dia}$

$d = 600 \text{ m}$

$k_1 = 1,25$

$p = 100 \text{ hab/ha}$

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
			n _{0,01}	m	q (l/seg)	D (mm)	n _{0,01}	m	q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	1,45	60	3	4,35	100	36	3	4,35	100
0,02	1.728	0,72	120	5	3,60	100	72	4	2,88	100
0,03	2.592	0,48	180	6	2,88	100	108	4	1,92	75
0,04	3.456	0,36	240	7	2,52	100	144	5	1,80	75
0,05	4.320	0,29	300	8	2,32	100	180	6	1,74	75
0,06	5.184	0,24	360	9	2,16	75	216	6	1,44	75
0,07	6.048	0,21	420	10	2,10	75	252	7	1,47	75
0,08	6.912	0,18	480	11	1,98	75	288	8	1,44	75
0,09	7.776	0,16	540	12	1,92	75	324	8	1,28	75
0,10	8.640	0,15	600	13	1,95	75	360	9	1,35	75
0,11	9.504	0,13	660	14	1,82	75	396	10	1,30	75
0,12	10.368	0,12	720	15	1,80	75	432	10	1,20	75
0,13	11.232	0,11	780	15	1,55	75	468	11	1,21	75
0,14	12.096	0,10	840	16	1,60	75	504	11	1,10	75
0,15	12.960	0,097	900	17	1,67	75	540	12	1,16	75
0,16	13.824	0,090	960	18	1,62	75	576	12	1,08	75
0,17	14.688	0,085	1.020	19	1,72	75	612	13	1,11	75
0,18	15.552	0,081	1.080	20	1,62	75	648	14	1,13	75
0,19	16.416	0,076	1.140	20	1,52	75	684	14	1,06	75
0,20	17.280	0,072	1.200	21	1,51	75	720	15	1,08	75

QUADRO - VII-5

$G = 200$ l/hab.dia

$d = 600$ m

$k_1 = 1,25$

$P = 150$ hab/ha

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM ORELHA				REDES MALHADAS			
			n _{o,ol}	m	q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	1,45	90	4	5,80	150	54	3	4,35	150
0,02	1.728	0,72	180	6	4,32	100	108	5	3,60	100
0,03	2.592	0,48	270	8	3,84	100	162	6	2,88	100
0,04	3.456	0,36	360	9	3,24	100	216	7	2,52	100
0,05	4.320	0,29	450	11	3,19	100	270	8	2,32	100
0,06	5.184	0,24	540	12	2,88	100	324	9	2,16	75
0,07	6.048	0,21	630	13	2,73	100	378	9	1,89	75
0,08	6.912	0,18	720	15	2,70	100	432	10	1,80	75
0,09	7.776	0,16	810	16	2,56	100	486	11	1,76	75
0,10	8.640	0,15	900	17	2,55	100	540	12	1,80	75
0,11	9.504	0,13	990	18	2,34	100	594	13	1,69	75
0,12	10.368	0,12	1.080	19	2,28	100	648	14	1,68	75
0,13	11.232	0,11	1.170	21	2,31	100	702	15	1,65	75
0,14	12.096	0,10	1.260	22	2,20	75	755	15	1,50	75
0,15	12.960	0,097	1.350	23	2,23	75	810	16	1,55	75
0,16	13.824	0,090	1.440	24	2,16	75	864	17	1,53	75
0,17	14.688	0,085	1.530	26	2,21	75	918	17	1,45	75
0,18	15.552	0,081	1.620	26	2,11	75	972	18	1,46	75
0,19	16.416	0,076	1.710	27	2,05	75	1.026	19	1,44	75
0,20	17.280	0,072	1.800	28	2,02	75	1.080	20	1,44	75

QUADRO VII-6

c = 200 l/hab.dia

d = 600m

k₁ = 1,25

P = 300 hab/ha

p	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
			n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,pl}	m	Q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	1,45	180	6	8,70	150	108	5	7,25	150
0,02	1.728	0,72	360	9	6,48	150	216	7	5,04	150
0,03	2.592	0,48	540	12	5,76	150	324	9	4,32	100
0,04	3.456	0,36	720	15	5,40	150	432	10	3,60	100
0,05	4.320	0,29	900	17	4,93	150	540	12	3,48	100
0,06	5.184	0,24	1.080	20	4,80	150	648	14	3,36	100
0,07	6.048	0,21	1.260	22	4,62	100	756	15	3,15	100
0,08	6.912	0,18	1.440	25	4,50	100	864	17	3,06	100
0,09	7.776	0,16	1.620	26	4,16	100	972	18	2,88	100
0,10	8.640	0,15	1.800	28	4,20	100	1.080	20	3,00	100
0,11	9.504	0,13	1.980	31	4,03	100	1.188	21	2,73	100
0,12	10.368	0,12	2.160	33	3,96	100	1.296	22	2,64	100
0,13	11.232	0,11	2.340	36	3,96	100	1.404	24	2,64	100
0,14	12.096	0,10	2.520	37	3,70	100	1.512	25	2,50	100
0,15	12.960	0,097	2.700	40	3,88	100	1.620	26	2,52	100g
0,16	13.824	0,090	2.880	42	3,78	100	1.728	27	2,43	100
0,17	14.688	0,085	3.060	44	3,74	100	1.836	28	2,38	100
0,18	15.532	0,081	3.240	45	3,64	100	1.944	30	2,43	100
0,19	16.416	0,076	3.420	48	3,65	100	2.052	32	2,44	100
0,20	17.280	0,072	3.600	50	3,60	100	2.160	33	2,38	100

QUADRO VII-7

C = 300 l / hab.dia

d = 600 m

k₁ = 1,50

P = 60 hab/ha

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM ORELHA				REDES MALHADAS			
			n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	2,60	36	3	7,80	150	22	2	5,20	150
0,02	1.728	1,30	72	4	5,20	150	44	3	3,90	100
0,03	2.592	0,87	108	4	3,48	100	66	3	2,61	100
0,04	3.456	0,65	144	5	3,25	100	88	4	2,60	100
0,05	4.320	0,52	180	6	3,12	100	110	4	2,08	75
0,06	5.184	0,44	216	6	2,64	100	132	5	2,20	75
0,07	6.048	0,37	252	7	2,59	100	154	5	1,85	75
0,08	6.912	0,33	288	8	2,64	100	176	6	1,98	75
0,09	7.776	0,29	324	8	2,32	100	198	6	1,74	75
0,10	8.640	0,26	360	9	2,34	100	220	7	1,82	75
0,11	9.504	0,24	396	10	2,40	100	242	7	1,88	75
0,12	10.368	0,22	432	10	2,20	75	264	7	1,54	75
0,13	11.232	0,20	468	11	2,00	75	286	8	1,60	75
0,14	12.096	0,19	504	11	2,09	75	308	8	1,62	75
0,15	12.960	0,17	540	12	2,04	75	330	9	1,53	75
0,16	13.824	0,16	576	12	1,92	75	352	9	1,44	75
0,17	14.688	0,15	612	13	1,95	75	374	9	1,35	75
0,18	15.552	0,14	648	14	1,96	75	396	10	1,40	75
0,19	16.416	0,14	684	14	1,96	75	418	10	1,40	75
0,20	17.280	0,13	720	15	1,95	75	440	10	1,40	75

QUADRO VII-8

C = 300 l/hab.dia

d = 600 m

$k_1 = 1,50$

P = 100 hab/ha

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALRADAS			
			n _{o,ol}	m	q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	2,60	60	3	7,80	150	36	3	7,80	150
0,02	1.728	1,30	120	5	6,50	150	72	4	5,20	150
0,03	2.592	0,87	180	6	5,22	150	108	4	3,48	100
0,04	3.456	0,65	240	7	4,55	100	144	5	3,25	100
0,05	4.320	0,52	300	8	4,16	100	180	6	3,12	100
0,06	5.184	0,44	360	9	4,06	100	216	6	2,64	100
0,07	6.048	0,37	420	10	3,70	100	252	7	2,59	100
0,08	6.912	0,33	480	11	3,63	100	288	8	2,64	100
0,09	7.776	0,29	540	12	3,48	100	324	8	2,32	100
0,10	8.640	0,26	600	13	3,38	100	360	9	2,34	100
0,11	9.504	0,24	660	14	3,36	100	396	10	2,40	100
0,12	10.368	0,22	720	15	3,30	100	432	10	2,20	75
0,13	11.232	0,20	780	15	3,00	100	468	11	2,20	75
0,14	12.096	0,19	840	16	3,04	100	504	11	2,09	75
0,15	12.960	0,17	900	17	2,89	100	540	12	2,04	75
0,16	13.824	0,16	960	18	2,88	100	576	12	1,92	75
0,17	14.688	0,15	1.020	19	2,85	100	612	13	1,95	75
0,18	15.552	0,14	1.080	20	2,80	100	648	14	1,96	75
0,19	16.416	0,14	1.140	20	2,80	100	684	14	1,96	75
0,20	17.280	0,13	1.200	21	2,73	100	720	15	1,95	75

QUADRO VII - 9

C = 300 l/hab.dia

d = 600 m

k₁ = 1,50

P = 150 hab/ha

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
			n _{0,01}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{0,01}	m	Q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	2,60	90	4	8,40	150	54	3	7,80	150
0,02	1.728	1,30	180	6	7,80	150	108	5	6,50	150
0,03	2.592	0,87	270	8	6,96	150	162	6	5,22	150
0,04	3.456	0,65	360	9	5,85	150	216	7	4,55	100
0,05	4.320	0,52	450	11	5,72	150	270	8	4,16	100
0,06	5.184	0,44	540	12	5,24	150	324	9	4,06	100
0,07	6.048	0,37	630	13	4,81	150	378	9	3,33	100
0,08	6.912	0,33	720	15	4,95	150	432	10	3,30	100
0,09	7.776	0,29	810	16	4,64	100	486	11	3,19	100
0,10	8.640	0,26	900	17	4,42	100	540	12	3,12	100
0,11	9.504	0,24	990	18	4,32	100	594	13	3,12	100
0,12	10.368	0,22	1.080	19	4,18	100	648	14	3,08	100
0,13	11.232	0,20	1.170	21	4,20	100	702	15	3,00	100
0,14	12.096	0,19	1.260	22	4,18	100	756	15	2,85	100
0,15	12.960	0,17	1.350	23	3,91	100	810	16	2,72	100
0,16	13.824	0,16	1.440	24	3,84	100	864	17	2,72	100
0,17	14.688	0,15	1.530	26	3,90	100	918	17	2,55	100
0,18	15.552	0,14	1.620	26	3,64	100	972	18	2,52	100
0,19	16.416	0,14	1.710	27	3,78	100	1.026	19	2,66	100
0,20	17.280	0,13	1.800	28	3,64	100	1.080	20	2,60	100

QUADRO VII -10

C = 300 l/hab.dia

d = 600 m

k₁ = 1,50

P = 300 hab/ha

P	t (seg)	q (l/seg)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
			n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)
0,01	864	2,60	180	6	15,60	200	108	5	13,00	150
0,02	1.728	1,30	360	9	11,70	150	216	7	9,10	150
0,03	2.592	0,87	540	12	10,44	150	324	9	7,83	150
0,04	3.456	0,65	720	15	9,75	150	432	10	6,50	150
0,05	4.320	0,52	900	17	8,82	150	540	12	6,24	150
0,06	5.184	0,44	1.080	20	8,80	150	648	14	6,16	150
0,07	6.048	0,37	1.260	22	8,14	150	756	15	5,55	150
0,08	6.912	0,33	1.440	25	8,25	150	864	17	5,61	150
0,09	7.776	0,29	1.620	26	7,55	150	972	18	5,22	150
0,10	8.640	0,26	1.800	28	7,28	150	1.080	20	5,20	150
0,11	9.504	0,24	1.980	31	7,44	150	1.188	21	5,04	150
0,12	10.368	0,22	2.160	33	7,26	150	1.296	22	4,84	150
0,13	11.232	0,20	2.340	36	7,20	150	1.404	24	4,80	150
0,14	12.096	0,19	2.520	37	7,03	150	1.512	25	4,75	150
0,15	12.960	0,17	2.700	40	6,80	150	1.620	26	4,43	100
0,16	13.824	0,16	2.880	42	6,72	150	1.728	27	4,43	100
0,17	14.688	0,15	3.060	44	6,60	150	1.83	28	4,20	100
0,18	15.552	0,14	3.240	45	6,30	150	1.944	30	4,20	100
0,19	16.416	0,14	3.420	48	6,72	150	2.052	32	4,48	100
0,20	17.280	0,13	3.600	50	6,50	150	2.160	33	4,29	100

5 — PROBLEMA N.º 2 — DETERMINAÇÃO DE (Q, D) EM FUNÇÃO DE P

No segundo problema vamos fixar a distância, entre condutos principais, em 400, 500 e 600 metros e o valor de $p = 0,10$, ao qual correspondem os valores de $q = 0,15$ l/seg e $q = 0,26$ l/seg para o interior e para a Capital do Estado de São Paulo, respectivamente. Os Quadros VII-11 a VII-13 referem-se ao interior do Estado de São Paulo e os Quadros VII-14 a VII-16 à sua Capital e consideram a distribuição de população dos Quadros III-5 a III-6.

QUADRO VII -11

$C = 200$ l /hab.dia

$d = 400$ m

$k_1 = 1,25$

$p = 0,10$

POPULAÇÃO (hab/ha)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	$n_{0,01}$	m	Q (l/seg)	D (mm)	$n_{0,01}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
60	240	7	1,05	75	160	6	0,90	50
70	280	8	1,20	75	190	6	0,90	50
80	320	8	1,20	75	210	7	1,05	75
90	360	9	1,35	75	240	7	1,05	75
100	400	10	1,50	75	270	8	1,20	75
110	440	10	1,50	75	290	8	1,20	75
120	480	11	1,65	75	320	8	1,20	75
140	560	12	1,80	75	370	9	1,35	75
150	600	13	1,95	75	400	10	1,50	75
160	640	13	1,95	75	430	10	1,50	75
180	720	15	2,25	100	480	11	1,65	75
200	800	16	2,40	100	530	12	1,80	75
260	1.040	19	2,85	100	690	14	2,10	75
280	1.120	20	3,00	100	840	16	2,40	100
300	1.200	21	3,15	100	900	17	2,55	100
360	1.440	24	3,60	100	960	18	2,70	100

QUADRO VII -12

C = 200 l/hab.dia

d = 500 m

$k_1 = 1,25$

p = 0,10

POPULAÇÃO (hab/ha)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
60	300	8	1,20	75	190	6	0,90	50
70	350	9	1,35	75	220	7	1,05	75
80	400	10	1,50	75	250	7	1,05	75
90	450	11	1,65	75	280	8	1,20	75
100	500	11	1,65	75	310	8	1,20	75
110	550	12	1,80	75	340	9	1,35	75
120	600	13	1,95	75	380	9	1,35	75
140	700	14	2,10	75	440	10	1,50	75
150	750	15	2,25	100	470	11	1,65	75
160	800	16	2,40	100	480	11	1,65	75
180	900	17	2,55	100	560	12	1,80	75
200	1.000	18	2,70	100	630	13	1,95	75
260	1.300	23	3,45	100	810	16	2,40	100
280	1.400	24	3,60	100	880	17	2,55	100
300	1.500	25	3,75	100	940	18	2,70	100
360	1.800	29	4,35	100	1.120	20	3,00	100

QUADRO VII - 13

C = 200 l/hab.dia

d = 600 m

$k_1 = 1,25$

p = 0,10

POPULAÇÃO (hab/ha)	REDES EM ORELHA				REDES MALHADAS			
	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
60	360	9	1,35	75	220	7	1,05	75
70	420	10	1,50	75	250	7	1,05	75
80	480	11	1,65	75	290	8	1,20	75
90	540	12	1,80	75	320	8	1,20	75
100	600	13	1,95	75	360	9	1,35	75
110	660	14	2,10	75	400	10	1,50	75
120	720	15	2,25	100	430	10	1,50	75
140	840	16	2,40	100	500	11	1,65	75
150	900	17	2,55	100	540	12	1,80	75
160	960	18	2,70	100	580	13	1,95	75
180	1.080	20	3,00	100	650	14	2,10	75
200	1.200	21	3,15	100	720	15	2,25	100
260	1.560	26	3,90	100	940	18	2,70	100
280	1.680	27	4,05	100	1.000	18	2,70	100
300	1.800	28	4,20	100	1.080	20	3,00	100
360	2.160	33	4,95	100	1.290	22	3,30	100

QUADRO VII - 14

C = 300 l/hab.dia

d = 400m

k₁ = 1,50

p = 0,10

POPULAÇÃO (hab/ha)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)
60	240	7	1,82	75	160	6	1,56	75
70	280	8	2,28	100	190	6	1,56	75
80	320	8	2,28	100	210	7	1,82	75
90	360	9	2,34	100	240	7	1,82	75
100	400	10	2,60	100	270	8	2,28	100
110	440	10	2,60	100	290	8	2,28	100
120	480	11	2,86	100	320	8	2,28	100
140	560	12	3,12	100	370	9	2,34	100
150	600	13	3,38	100	400	10	2,60	100
160	640	13	3,38	100	430	10	2,60	100
180	720	15	3,90	100	480	11	2,86	100
200	800	16	4,16	100	530	12	3,12	100
260	1.040	19	4,94	150	690	14	3,64	100
280	1.120	20	5,20	150	840	16	4,16	100
300	1.200	21	5,46	150	900	17	4,42	100
360	1.440	24	6,24	150	960	18	4,68	100

QUADRO VII - 15

$C = 300 \text{ l/hab.dia}$

$d = 500\text{m}$

$k_1 = 1,50$

$p = 0,10$

POPULAÇÃO (hab/ha)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	$n_{o,ol}$	n	Q (l/seg)	D (mm)	$n_{o,ol}$	n	Q (l/seg)	D (mm)
60	300	8	2,28	100	190	6	1,56	75
70	350	9	2,34	100	220	7	1,82	75
80	400	10	2,60	100	250	7	1,82	75
90	450	11	2,86	100	280	8	2,28	100
100	500	11	2,86	100	310	8	2,28	100
110	550	12	3,12	100	340	9	2,34	100
120	600	13	3,38	100	380	9	2,34	100
140	700	14	3,64	100	440	10	2,60	100
150	750	15	3,90	100	470	11	2,86	100
160	800	16	4,16	100	480	11	2,86	100
180	900	17	4,42	100	560	12	3,12	100
200	1.000	18	4,68	100	630	13	3,38	100
260	1.300	23	5,98	150	810	16	4,16	100
280	1.400	24	6,24	150	880	17	4,42	100
300	1.500	25	6,50	150	940	18	4,68	100
360	1.800	29	7,54	150	1.120	20	5,20	100

QUADRO VII - 16

$C = 300$ l/hab.dia

$d = 600$ m

$k_1 = 1,50$

$p = 0,10$

POPULAÇÃO (Hab/ha)	REDES EM ORELHA				REDES MALHADAS			
	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)	$n_{o,ol}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
60	360	9	2,34	100	220	7	1,82	75
70	420	10	2,60	100	250	7	1,82	75
80	480	11	2,86	100	290	8	2,08	75
90	540	12	3,12	100	320	8	2,08	75
100	600	13	3,38	100	360	9	2,34	100
110	660	14	3,64	100	400	10	2,60	100
120	720	15	3,90	100	430	10	2,60	100
140	840	16	4,16	100	500	11	2,86	100
150	900	17	4,42	100	540	12	3,12	100
160	960	18	4,68	100	580	13	3,38	100
180	1.080	20	5,20	150	650	14	3,64	100
200	1.200	21	5,46	150	720	15	3,90	100
260	1.560	26	6,76	150	940	18	4,68	100
280	1.680	27	7,02	150	1.000	18	4,68	100
300	1.800	28	7,28	150	1.080	20	5,20	150
360	2.160	33	8,58	150	1.290	22	5,72	150

6 — PROBLEMA N.º 3 — DETERMINAÇÃO DE (Q, D) EM FUNÇÃO DE d

No terceiro problema vamos fixar a distribuição de população e o valor de $p = 0,10$, ao qual correspondem os valores de $q = 0,15$ l/seg e $q = 0,26$ l/seg para o interior e para a Capital do Estado de São Paulo, respectivamente.

Os Quadros VII-17 e VII-18 referem-se ao interior e à Capital do Estado de São Paulo. Para ambos, no exemplo de cálculo, adotou-se a distribuição de população de 100 habitantes por hectare.

QUADRO VII-17

$C = 200$ l/hab.dia

$P = 100$ hab/ha

$k_1 = 1,25$

$p = 0,10$

DISTÂNCIAS d (m)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	200	6	0,90	50	200	6	0,90	50
300	300	8	1,20	75	230	7	1,05	75
400	400	10	1,50	75	270	8	1,20	75
500	500	11	1,65	75	310	8	1,20	75
600	600	13	1,95	75	360	9	1,35	75
700	700	14	2,10	75	410	10	1,50	75
800	800	16	2,40	100	460	11	1,65	75
900	900	17	2,55	100	510	11	1,65	75
1.000	1.000	18	2,70	100	550	12	1,80	75

QUADRO VII-18

$C = 300$ l/hab.dia

$p = 100$ hab/ha

$k_1 = 1,50$

$p = 0,10$

DISTÂNCIAS d (m)	REDES EM GRELHA				REDES MALHADAS			
	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)	n _{o,ol}	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	200	6	1,56	75	200	6	1,56	75
300	300	8	2,08	75	230	7	1,82	75
400	400	10	2,60	100	270	8	2,08	75
500	500	11	2,86	100	310	8	2,08	75
600	600	13	3,38	100	360	9	2,34	100
700	700	14	3,64	100	410	10	2,60	100
800	800	16	4,16	100	460	11	2,86	100
900	900	17	4,42	100	510	11	2,86	100
1.000	1.000	18	4,68	100	550	12	3,12	100

7 — APLICAÇÃO DAS CURVAS (n, m) AO CASO DO ABASTECIMENTO COM VALORES PRÉ-FIXADOS DE PRESSÕES.

Supostas as condições de abastecimento predial, definidas no item 2.4.2 do capítulo IV, vamos aplicar as curvas (n, m) aqui obtidas, como exemplo, ao caso de residências de padrão inferior, 1 pavimento para os dois valores da pressão disponível de 15 e 20 m d'água, em cada um dêles consideradas as condições do interior do Estado de São Paulo, Quadros VII-19 e VII-22.

Para as vazões de 0,43 l/seg e 0,53 l/seg os valores de p serão respectivamente 0,0336 e 0,0276.

QUADRO VII-19

C = 200 l/hab. dia
P = 150 hab/ha
k₁ = 1,25
p = 0,0336

**RÉDES EM GRELHA
PRESSÃO DISPONÍVEL: 15 m d'água**

Distâncias d (m)	n	n _{0,01}	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	30	91	4	1,72	75
300	45	136	5	2,15	100
400	60	182	6	2,58	100
500	75	227	7	3,01	100
600	90	272	8	3,44	100
700	105	318	9	3,87	100
800	120	363	9	3,87	100
900	135	409	10	4,30	100
1.000	150	454	11	4,73	100

QUADRO VII-20

C = 200 l/hab. dia
P = 150 hab/ha
k₁ = 1,25
p = 0,0276

**RÉDES EM GRELHA
PRESSÃO DISPONÍVEL: 20 m d'água**

Distâncias d (m)	n	n _{0,01}	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	30	83	4	2,12	75
300	45	124	5	2,65	100
400	60	166	6	3,18	100
500	75	217	7	3,71	100
600	90	248	7	3,71	100
700	105	300	8	4,24	100
800	120	331	9	4,77	150
900	135	383	10	5,30	150
1.000	150	434	10	5,30	150

QUADRO VII-21

C = 200 l/hab. dia

P = 150 hab/ha

$k_1 = 1,25$

P = 0,0336

RÉDES MALHADAS

PRESSÃO DISPONÍVEL: 15 m d'água

Distâncias d (m)	n	$n_{0,01}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	30	91	4	1,72	75
300	34	104	5	2,15	100
400	40	134	5	2,15	100
500	47	158	6	2,58	100
600	54	181	6	2,58	100
700	61	205	7	3,01	100
800	69	232	7	3,01	100
900	76	255	8	3,44	100
1.000	83	279	8	3,44	100

QUADRO VII-22

C = 200 l/hab. dia

P = 150 hab/ha

$k_1 = 1,25$

p = 0,0276

RÉDES MALHADAS

PRESSÃO DISPONÍVEL: 20 m d'água

Distâncias d (m)	n	$n_{0,01}$	m	Q (l/seg)	D (mm)
200	30	83	4	1,72	75
300	34	94	4	1,72	75
400	40	110	5	2,15	75
500	47	130	5	2,15	75
600	54	149	6	2,58	100
700	61	168	6	2,58	100
800	69	190	7	3,01	100
900	76	210	7	3,01	100
1.000	83	229	7	3,01	100

8 — CONCLUSÕES

No caso de abastecimento com regularização, admitidas as vazões máximas prováveis, para o dimensionamento das canalizações, verifica-se que:

— é vantajoso o traçado das canalizações principais em malha, pois, as vazões nas derivações são menores e o diâmetro dos condutos secundários, em geral, também menores,

— o diâmetro mínimo necessário, para os condutos secundários, é inferior ao caso do abastecimento sem regularização, com as vazões máximas prováveis e superior ao caso do regime de abastecimento com regularização e vazões correspondentes aos valores máximos horários, admitida a simultaneidade da alimentação.

— há necessidade da adoção de hidrômetros, com vazão característica igual a 3 m³, em quase todos os casos indicados neste capítulo

— para pressões disponíveis maiores, aumentam os valores das vazões q e Q.

VIII — RESUMO DAS CONCLUSÕES

1 — Para uma mesma distribuição de população à medida que aumenta a distância, entre condutos principais, o número médio de domicílios abastecidos, por um conduto secundário, aumenta em proporção diferente em cada tipo de rede, sendo mais vantajosa a rede, cujos condutos principais formem malhas. Em igualdade de condições de distância d, população P, quota per-capita C, etc, as vazões nas derivações das redes malhadas são menores e menores também, em geral, os diâmetros dos condutos secundários. Em consequência, neste caso, o comprimento dos condutos principais é maior.

2 — O regime de abastecimento sem regularização ocasiona valores elevados de vazão nos ramais prediais, pressões disponíveis necessárias, em alguns casos, superiores a 20 m d'água e requer hidrômetro com capacidade, em geral, superior a 3 m³. O emprêgo de válvulas de descarga obriga a dimensionamento mais oneroso da instalação predial.

3 — No regime de abastecimento com regularização as vazões no ramal predial e as pressões disponíveis necessárias são baixas, se ai houver o emprêgo de dispositivos adequados de limitação de vazão. Para o dimensionamento desse ramal, com as vazões do dia e da hora de maior consumo, a pressão disponível necessária é praticamente igual ao desnível entre o passeio e o reservatório.

O abastecimento predial com a pressão disponível de 15 ou 20 m d'água ocasiona vazões e pressões inferiores ao regime de abastecimento sem regularização permitindo o emprêgo de hidrômetros de 3 m³ de capacidade.

4 — Admitida a hipótese da alimentação simultânea de todos os edifícios:

— no regime de abastecimento sem regularização o custo da rede seria elevadíssimo

— no regime de abastecimento com regularização vazões correspondentes aos valores máximos horários, há necessidade da fixação de um diâmetro mínimo, para as redes de distribuição, conforme o tipo de rede e a distribuição da população

— para as pressões disponíveis de 15 m ou 20 m d'água o custo da rede seria também elevadíssimo.

5 — Admitida a hipótese das vazões máximas prováveis:

— o diâmetro mínimo dos condutos secundários é maior, no regime de abastecimento sem regularização, que no regime com regularização; os valores correspondentes a este último são, por sua vez, maiores do que no regime de abastecimento com regularização-vazões máximas horárias e alimentação simultânea dos reservatórios

— em quase todos os casos há necessidade de hidrômetros, com capacidade superior a 3 m³, no regime de abastecimento sem regularização.

IX — BIBLIOGRAFIA

1 — *Encyclopédie Pratique du Bâtiment et des Travaux Publics*. Paris, Librairie Aristide Quillet, 1953 Tomo III, V parte.

2 — YASSUDA, E. R.: Contribuição para o estudo das vazões de distribuição em redes de água potável, Tese de concurso à Cadeira de Abastecimento de Água e Sistema de Esgotos. Fac. de Hig. e Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1960.

- 3 — Estado de São Paulo. Secretaria da Viação e Obras Públicas. Departamento de Águas e Esgotos: II Plano de Ação no D.A.E., Rev. do Dep. de Águas e Esgotos, São Paulo, 47, Dezembro 1962.
- 4 — Lei n.º 1561-A de 29-12-1951. Dispõe sobre a aprovação da "Codificação de Normas Sanitárias para Obras e Serviços" e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 5-1-1952.
- 5 — BAITY, H. G. e CHANLETT, E. T.: Health Hazards in Water Distribution Systems, Organo Oficial de la A.I.D.I.S., Baltimore, E.U., n.º 2, Ano 1, Outubro 1947.
- 6 — BABBITT, H. E.: Engineering in Public Health, 1.ª Edição, New York, Mc Graw-Hill Book Co, 1952.
- 7 — MARTINS, J. A. e AZEVEDO NETTO, J. M.: A aplicação do Método de Hardy Cross, Rev. do Dep. de Águas e Esgotos, São Paulo, 23, Junho de 1951.
- 8 — Associação Brasileira de Normas Técnicas: Instalações Prediais de Água Fria, P-NB-92. Boletim da ss. Bras. de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 43, Março, Abril de 1959.
- 9 — AZEVEDO NETTO, J. M.: Manual de Hidráulica, 3.ª Edição, São Paulo, Edgard Blücher Editor, 1961, Vol. I.
- 10 — Normas e Especificações para a Elaboração de Projetos de Esgotos Sanitários para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo, Rev. do Dep. de Águas e Esgotos, São Paulo, 36, Março de 1960.
- 11 — Normas e Especificações para a Elaboração de Projetos de Rêdes de Abastecimento de Água para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo, Rev. do Dep. de Águas e Esgotos, São Paulo, 40, Março de 1961.
- 12 — MIJARES, G. R.: Abastecimientos de Agua y Alcantarillados, 1.ª Edição, Madrid, Nuevas Graficas, S. A., 1959.
- 13 — ASSIS, O. P.: Escolha e Instalação de Hidrômetros, Engenharia, São Paulo, 40, Dezembro de 1945.
- 14 — FAIR, G. M. e GEYER J. C.: Water Supply and Waste-Water Disposal, New York, John Wiley Sons, Inc. 1954.
- 15 — LIMA, M. F. DE: Proteção contra Incêndio-Prática no Exterior e sua Aplicação à São Paulo. Rev. do Dep. de Águas e Esgotos, São Paulo, 38, Setembro de 1960.
- 16 — YASSUDA, E. R.: Estudo sobre a Utilização da Rêde Pública de Água na Proteção contra Incêndio. Aplicação a São Paulo. Rev. do Departamento de Águas e Esgotos, São Paulo, 44, Março de 1962.
- 17 — HUNTER, R. B.: Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. U. S. Department of Commerce National Bureau of Standards. Report B M S 65, Washington, 1940.
- 18 — HALD, A.: Statistical Theory with Engineering Applications. New York, John Wiley & Sons, 1952.
- 19 — National Bureau of Standards: Tables of the Binomial Probability Distribution. Washington. U. S. Government Printing Office, 1949.
- 20 — ROMIG, H. G.: 50-100 Binomial Tables. New York, John Wiley & Sons, 1953.
- 21 — MOLINA, E. C.: Poisson's Exponencial Binomial Limit. New York, D. van Nostrand C., 1942.

X — SÍMBOLOS USADOS

- A área ideal de terreno correspondente a um prédio ou domicílio.
- a valor de M_x nas tabelas de Molina para um valor de m dado.
- C quota per-capita.
- C_x^n combinações de n, x a x.
- D diâmetro do conduto secundário
- D_1 diâmetro dos condutos da instalação predial de água fria
- d distância entre condutos principais
- H habitantes por domicílio
- h perda de carga no hidrômetro
- J perda de carga unitária
- k coeficiente de perda de carga do hidrômetro
- k_1 coeficiente do dia de maior consumo
- k_2 coeficiente da hora de maior consumo
- L distância entre dois condutos secundários
- m número máximo provável de reservatórios em abastecimento simultâneo, dentre n
- M_x média verdadeira
- n número médio de domicílios abastecidos por um conduto secundário
- $n_{p=0,01}$ valor correspondente à probabilidade $p = 0,01$ para um dado m

- n_p valor correspondente à probabilidade p para o mesmo valor de m relativo a $n_{0,01}$ e $p = 0,01$
 p probabilidade de um reservatório estar sendo alimentado
 F distribuição de população
 p_x probabilidade de x reservatórios, dentre n , estarem sendo alimentados
 Q vazão de uma derivação (conduto secundário)
 Q_1 vazão nos condutos da instalação predial de água fria
 q vazão de abastecimento de uma residência
 q_s vazão específica da rede de distribuição
 t duração média de escoamento para um reservatório
 T duração média entre duas operações sucessivas de abastecimento de um reservatório
 Σp soma dos pesos correspondentes às peças abastecidas por um trecho de conduto da instalação predial de água fria
 ΔQ correção de vazão nos circuitos principais quando se aplica o método de Hardy Cross

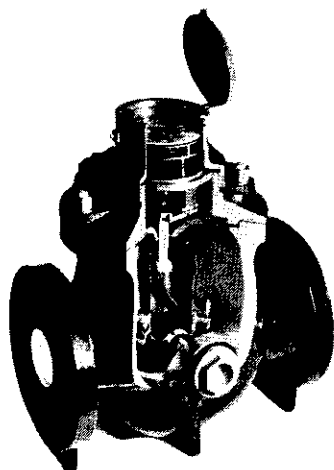


Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo

Rua Cantareira, 1351 — São Paulo
 End. Teleg. LICEARS — Telefone: 36-9111

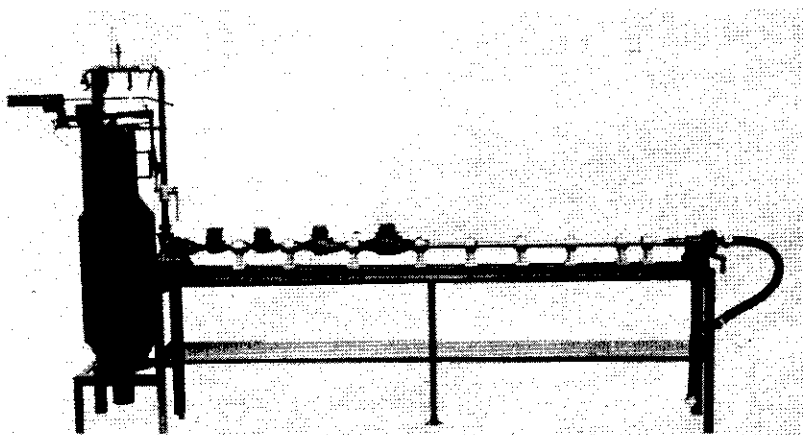
FABRICANDO HIDRÔMETROS DESDE 1929

Qualidade e técnica já aplicadas em mais de 600.000
 unidades produzidas



MÁQUINAS DE AFERIÇÃO DE HIDRÔMETROS

Com dispositivo de fechamento automático patentado



Diversos tipos, de aferição individual ou em série de hidrômetros desde 13 mm (1/2") até 100 mm (4")

Adaptáveis à qualquer oficina de reparação e manutenção