

Contribuição Para o Estudo das Canalizações Secundárias das Rêdes de Distribuição de Água Potável***

JOSÉ AUGUSTO MARTINS

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

I — INTRODUÇÃO

I — GENERALIDADES

Em nossa vida profissional, paralelamente às atividades didáticas, temos nos dedicado ao planejamento e projeto de obras de engenharia hidráulica e sanitária.

Essa atividade, que contribui para aprimorar a nossa formação técnica, permite que nos apresentemos, perante nossos alunos, com maior experiência e autoridade, podendo transmitir-lhes, além da teoria necessária, a aplicação complementar.

O contato com êsse setor da engenharia ofereceu-nos oportunidade, para enfrentar as dificuldades correntes na formulação das soluções compatíveis com os dados disponíveis, afim de escolher o caminho adequado.

Em particular, no planejamento de sistemas de abastecimento de água, deparamos com numerosas questões, que ainda não apresentam solução satisfatória. Mais destacadamente a rede de distribuição foi a que mais nos atraiu, devido à sua importância no conjunto do sistema e pelas numerosas dificuldades, que apresenta na elaboração de um projeto.

Até o presente foi-nos possível atuar em numerosos estudos e projetos, que aguçaram a nossa curiosidade e nos conduziram ao tema dêste trabalho.

Nas rêsdes de distribuição, os condutos de pequeno diâmetro (até 100mm inclusive) constituem a maioria das tubulações, como se constata nos exemplos dos Quadros I-1 e I-2 extraídos de projetos de nossa autoria.

As rêsdes das cidades 1, 3 a 7 e 12 a 16 foram projetadas para o consumo per-capita médio de 200 litros por habitante e por dia, coeficiente do dia de maior consumo 1,25 e coeficiente da hora de maior consumo 1,50; as outras para o consumo per-capita médio de 300 litros por habitante e por dia e coeficientes do dia e da hora de maior consumo iguais a 1,50.

As rêsdes das cidades 1, 3, 4, 6, 7, 12 a 16 foram projetadas com o diâmetro mínimo de 50mm, da 5 com o diâmetro mínimo de 60mm e das restantes (Capital de São Paulo) com o diâmetro mínimo de 75mm.

A necessidade e oportunidade de estudos relativos à rede de distribuição avulta, se considerarmos a situação do Brasil nesse particular. O eng. José Meiches, com dados do Anuário Estatístico do Brasil, edição de 1960 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, organizou extenso quadro, do qual extraímos os valores dos Quadros I-3 e I-4. Observe-se que menos da metade dos municípios, em 1958, possuía abastecimento de água e que 40% da extensão das linhas de distribuição estavam nas Capitais.

(***) Tese apresentada à comissão julgadora do concurso da livre-docência de cadeira n.º 40, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

QUADRO I-1

N.º	CIDADE	População de Projeto (hab)	Área de Projeto (ha)
1	Araraquara	127.000	1.665
2	Cidade Universitária de São Paulo	30.000	310
3	Itapuí	6.700	70
4	Jundiaí	325.000	3.149
5	Sta. Cruz de La Sierra — Bolívia	180.000	2.680
6	São Bernardo do Campo	372.500	3.833
7	São José dos Campos	255.000	2.000
8	São Paulo: Butantã	—	1.907
9	São Paulo: Jardim N. S. do Carmo	21.000	150
10	São Paulo: São Miguel Paulista	—	1.957
11	São Paulo: Vila Alpina	—	1.382
12	Usina Cachoeira Dourada — CELG — Vila Operária	3.090	—
13	Usina E. Cunha — CHERP — Acampamento	2.830	30
14	Usina Jupia — CELUSA — Acampamento	10.660	—
15	Usina Jupia — CELUSA — Cidade Operadores	2.525	—
16	Valinhos	25.000	353

QUADRO I-2

	Extensão da Rede Projetada (Diâmetro em mm)			Conduitos c/Diâm. D \geq 100mm	Total da Rede (m)	% dos conduitos c/D \geq 100
	50	75	100			
1	224.913	18.566	13.251	256.730	295.910	87
2	—	—	5.253	5.253	13.870	38
3	6.818	1.005	2.120	9.943	11.067	90
4	200.898	26.068	27.679	254.645	350.658	73
5	272.584	45.328	13.658	331.570	367.001	90
6	213.447	10.403	39.359	263.209	349.083	75
7	100.104	14.944	15.468	130.516	172.870	76
8	—	77.238	19.415	96.653	155.857	62
9	—	20.212	2.798	23.010	27.546	84
10	—	139.826	31.353	171.179	245.182	70
11	—	126.457	21.046	147.503	208.666	71
12	2.240	2.349	—	4.589	5.138	89
13	2.259	407	278	2.944	2.944	100
14	5.092	4.066	556	9.714	12.673	77
15	674	2.153	528	3.355	5.493	61
16	22.250	8.994	4.032	35.276	43.156	82

QUADRO I-3

Unidades da Federação e Capitais	N.º de Municípios em 31-12-1958		Extensão total das linhas de distribuição (m)	
	Total	com abaste- cimento de água	Unidade	Capital
Rondônia-Pôrto Velho	2	2	16.900	13.900
Acre-Rio Branco	7	—	—	—
Amazonas-Manaus	44	13	128.240	95.000
Rio Branco-Boa Vista	2	2	10.768	10.768
Pará-Belém	59	23	403.556	300.000
Amapá-Macapá	5	4	22.536	17.000
Maranhão-São Luiz	9	5	80.183	68.783
Piauí-Terezina	71	11	28.940	28.095
Ceará-Fortaleza	144	33	275.363	216.000
R. G. do Norte-Natal	81	11	204.178	172.092
Paraíba-João Pessoa	61	19	207.285	98.000
Pernambuco-Recife	102	50	732.270	528.503
Alagoas-Maceió	56	19	125.807	73.178
Sergipe-Aracaju	61	10	85.152	57.660
Baía-Salvador	194	56	554.975	348.617
Minas Gerais-Belo Horizonte	485	407	3.779.552	709.487
Espírito Santo-Vitória	40	33	258.015	91.100
Rio de Janeiro-Niterói	61	58	1.518.506	233.593
Guanabara-Rio de Janeiro	1	1	3.709.226**	3.709.226**
São Paulo-São Paulo	435	308	9.176.953	2.260.000
Paraná-Curitiba	162	50	974.202	420.503
Sta. Catarina-Florianópolis	106	18	376.969	65.974
Rio Grande do Sul-P. Alegre	118	73	2.378.915	800.000
Mato Grosso-Cuiabá	64	19	323.706	60.250
Goiás-Goiânia	179	25	147.162	65.000
BRASIL *	2.630	1.250	25.518.359	10.442.729

* Exclusive F. Noronha

** em 1957

QUADRO I-4

Número de Municípios em 31-12-1958	2.630
Municípios com abastecimento de água	1.250
População do Brasil em 1-9-1960 — (Censo de 1960)	70.001.700 hab
População das Capitais em 1-9-1960 — (Censo de 1960)	13.036.700 hab
Extensão total das linhas de distribuição — Brasil	25.518.359 m
Extensão total das linhas de distribuição — Capitais	10.442.729 m
Ligações à rede distribuidora:	
Hidrômetros — Brasil	798.655
Hidrômetros — Capitais	510.566
Penas d'água — Brasil	813.345
Penas d'água — Capitais	322.480
Ligações livres — Brasil	666.234
Ligações livres — Capitais	179.587
Bicas, torneiras, chafarizes públicos — Brasil	10.388
Bicas, torneiras, chafarizes públicos — Capitais	2.526

O Quadro I-4 nos mostra que (em 1958):

- 47,5% dos municípios não possuíam abastecimento de água,
- 18,6% da população do Brasil estava localizada nas Capitais,
- 44,8% da extensão total das linhas de distribuição pertenciam às Capitais,

— o número total de ligações à rede distribuidora, excetuadas as bicas, torneiras e chafarizes públicos era de 2.278.234 para o Brasil e 1.012.633 para as Capitais. Se considerarmos a população média por ligação de 5 habitantes, as populações correspondentes seriam de:

Brasil 11.391.170 habitantes — 100%.

Capitais 5.063.165 habitantes — 44,5%, cêrca da metade da população, que estava ligada à rede de distribuição, pertencia às Capitais. Essas populações, se referidas aos totais do censo de 1960, mostram que 16,3% da população do Brasil estava ligada à rede ao passo que 38,8% da população das Capitais dispunha desse benefício.

Essa estatística permite que avaliemos "grosso modo", a situação do abastecimento de água no Brasil, naquela data, sem entretanto tomarmos em consideração a qualidade do serviço oferecido.

2 — OBJETIVOS

É nosso objetivo principal o estudo dos condutos secundários, para diferentes regimes de fornecimento de água aos edifícios residenciais, determinando para diversos traçados de condutos principais, condições relativas a diâmetros e pressões.

3 — AGRADECIMENTOS

A Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez, ilustre mestre desta Escola, cuja contribuição à engenharia hidráulica e sanitária, no ensino e na aplicação, abriu novos horizontes aos engenheiros, que se dedicam a êsse setor da técnica, em nosso país, agradecemos pela for-

mação e pelo incentivo, que nos levou a prosseguir nesta carreira tão elevada e sublime, mas tão desprezada nesta terra.

À Ruth a nossa gratidão, pela paciência, compreensão e apóio em todo o caminhar de nossa vida universitária e em particular no período em que elaboramos êste trabalho, tarefa que fica registrada para sempre na mente de quem dela se ocupa.

II — PROBLEMAS FUNDAMENTAIS NA RÊDE DE DISTRIBUIÇÃO

1 — GENERALIDADES

A rêde de distribuição de água potável, parcela ponderável do sistema de abastecimento de água das cidades, é um de seus órgãos, ao qual se dedica menos atenção, em qualquer fase da obra: planejamento, projeto, construção ou operação.

No projeto de complexos serviços de abastecimento de água é ela que requer maior emprêgo de tempo, na elaboração dos detalhes necessários à execução da obra.

Em muitos casos, engenheiros experientes, após fixar certas premissas e dar a orientação inicial, transferem a tarefa do projeto a outros mais jovens na profissão, ou mesmo, a desenhistas já iniciados nesse mister. Para muitos o estudo se constitui em um interminável preenchimento de tabelas, atividade mais ou menos mecânica, da qual não tem perfeita ciência o encarregado da elaboração.

O cálculo preciso da rêde não é tarefa fácil como afirma Koch (1-610) *:

“il est difficile de “calculer” un réseau, non qu’il y faille un appareil mathématique imposant, mais du fait que les données en sont extrêmement hypothétiques”.

É necessário que se dediquem maiores esforços à tarefa de melhor esclarecer o problema e dotar o projetista de dados, nos quais êle se apoie para projetar com maior segurança.

Há ainda a considerar que a rêde de distribuição representa uma porcentagem apreciável do custo total do sistema.

Entre nós, recentemente, Yassuda (2-34) estudando o projeto dos sistemas de abastecimento de água de vinte e quatro cidades, com população inferior a 30.000 habitantes, verificou que o custo da rêde de distribuição se aproximava, em média, de 50% do custo total da obra.

O Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo (3-105), no programa de obras previsto para o período 1963-1966, para a Capital do Estado de São Paulo, estabeleceu a seguinte discriminação orçamentária, destinada à ampliação do sistema de abastecimento de água;

captação	\$	1.664.000.000,00	—	12,8%
recalque	\$	435.000.000,00	—	3,4%
adução e sub-adução	\$	2.603.000.000,00	—	20,1%
tratamento	\$	1.318.000.000,00	—	10,2%
armazenamento — reservatórios e tórres	\$	826.200.000,00	—	6,4%
distribuição	\$	4.240.000.000,00	—	32,7%
instalações prediais	\$	1.852.000.000,00	—	14,4%
Total	\$	12.938.200.000,00	—	100,0%

Dêsse total, a terça parte era reservada à rêde de distribuição propriamente dita.

O projeto adequado da rêde de distribuição depende, fundamentalmente:

(*) O primeiro número indica a ordem da referência bibliográfica e o segundo a página ou o capítulo

- das vazões de distribuição
- da posição dos condutos principais
- das condições, que devem ser satisfeitas pelos condutos secundários em particular
- do critério de dimensionamento ou análise dos condutos principais.

2 — VAZÕES DE DISTRIBUIÇÃO

A rede de distribuição deve atender ao abastecimento de água dos prédios com vazões, que correspondam às necessidades das populações, nos períodos desfavoráveis, quando ocorrem solicitações máximas.

A vazão de distribuição pode ser calculada, de diversas maneiras, conforme o regime de fornecimento da água aos prédios seja feito com regularização, sem regularização ou uma combinação dos dois-regime mixto.

No regime com regularização os prédios são abastecidos indiretamente pela rede de distribuição. A rede do edifício depende do reservatório domiciliário e este está ligado à rede pública de água potável, pelo ramal predial e pela canalização alimentadora predial.

Em nosso estudo, no capítulo VII consideraremos diversas hipóteses de fornecimento da água aos reservatórios domiciliários.

Não fazendo parte, do nosso tema e por ser assunto já objeto do mais amplo debate, não vamos nos estender sobre a conveniência da utilização desses reservatórios nos prédios. Uns reconhecem a sua necessidade, argumentando que com a sua adoção, se conseguem menores vazões, para o dimensionamento dos condutos de distribuição e maior garantia contra a falta de água nos edifícios, armazenando determinados volumes nesses reservatórios, quando a rede pública é deficiente. Outros argumentando do ponto de vista estritamente sanitário, sobre a inconveniência de soluções, que preconizam o emprêgo do reservatório domiciliário, proibem a sua adoção obrigando o abastecimento direto dos prédios a partir da rede de distribuição. A própria lei Estadual n.º 1.561-A de 29 de dezembro de 1951, ainda em vigor (4), no seu artigo 311 veda o uso do reservatório domiciliário. Neste mesmo artigo, parágrafo único, obriga a adoção desse mesmo reservatório, quando a rede de distribuição não puder assegurar a continuidade do abastecimento ou quando a carga disponível for insuficiente.

O regime sem regularização consiste no abastecimento direto dos pontos de consumo, a partir da rede de distribuição. A determinação das vazões correspondentes, foi objeto da tese de concurso para a cátedra de Abastecimento de Água e Sistema de Esgotos da Faculdade de Higiene e Saúde Pública, de autoria do Prof. Dr. E. R. Yassuda. As suas conclusões serão utilizadas em nosso trabalho quando, no capítulo VI, formos estudar a fixação da posição dos condutos principais e os condutos secundários da rede, no caso do abastecimento predial direto.

O regime de alimentação do tipo mixto não será objeto de cogitação em nosso estudo. Entendemos que quando a rede é adequada, para o regime de abastecimento sem regularização, os edifícios devem se conformar a esse tipo de fornecimento; se a rede é inadequada nos termos da lei Estadual 1.561-A (4) já referida todos os edifícios devem ter o seu reservatório predial. Este pode dar causa à poluição ou contaminação da água no interior do prédio; a rede de distribuição, todavia, quando em condições precárias, também permite que a água, no seu interior, se polua ou se contamine conforme o mostram Baity e Chanlett (5-115) e Babbitt (6-223).

Se for impôsto o reservatório predial, devido a deficiências da rede de distribuição, um ponto de consumo (torneira de jardim ou da pia de cozinha) diretamente conectado à rede, via de regra na canalização alimentadora predial, poderá prejudicar o abastecimento da residência ou afetar o regime de pressões na rede, nas vizinhanças, principalmente quando os condutos têm diâmetro reduzido.

Naqueles distritos, onde o zoneamento ou, na falta deste, as circunstâncias do crescimento da população, previrem edifícios de vários pavimentos, o regime de abastecimento deve ser feito com regularização, alimentando-se os reservatórios inferiores dos prédios.

3 — CONDUTOS PRINCIPAIS

3.1 — Tipos de Rêdes

Distinguem-se, em geral, três tipos de rede de distribuição com referência ao traçado das canalizações principais:

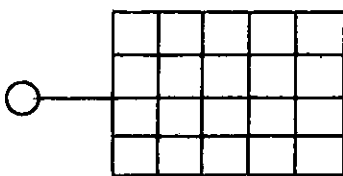


Figura II-1

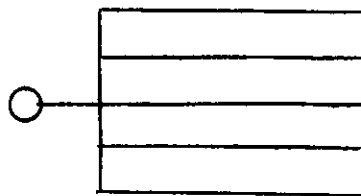


Figura II-2

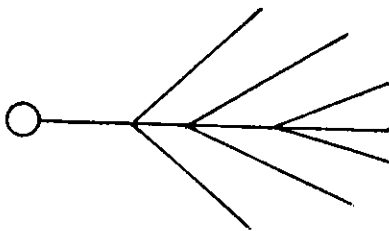


Figura II-3

- rêsdes “malhadas” em que os condutos principais foram circuitos fechados (fig. II-1).
- rêsdes “em grelha” em que os condutos principais têm a mesma direção geral, sendo sensivelmente paralelos entre si (fig. II-2).
- rêsdes “em espinha de peixe” em que os condutos principais são divergentes a partir do reservatório para as extremidades opostas (fig. II-3).

3.2 — Posição dos condutos principais

No traçado dos condutos principais da rede de distribuição diversos fatores são considerados, tendo em vista a eficiência e a economia.

É particularmente indicado efetuar-se estudo minucioso da cidade, para verificar onde estão localizados os pontos de elevado consumo, que devem ser atendidos pela rede, o tipo de pavimentação, que vai ser destruído com a construção e que posteriormente deve ser refeito, as vias públicas de tráfego intenso, os tipos de consumo, que devem ser atendidos, em particular o combate a incêndios a partir da própria rede etc.

3.3 — Condições de alimentação dos condutos secundários

Os condutos principais são dimensionados para vazões correspondentes a áreas a abastecer à jusante. Dêles partem, como derivações, os condutos secundários, que são abastecer os prédios.

Qualquer que seja o tipo de traçado da rede a vazão de cada conduto secundário, dependerá de uma área, ou prédios abastecidos, ou população. Se as condições do traçado dos condutos principais lhe permitem disposições uniforme (nas rêsdes malhadas, em cada circuito, os condutos opostos são paralelos e equidistantes, nas rêsdes em grelha, os condutos são paralelos), as derivações retiram, para igual diâmetro, vazões sensivelmente iguais. Em caso contrário, em primeira aproximação, as vazões das derivações, que interessam a área limitada por um circuito ou a área compreendida entre duas canalizações principais consecutivas de uma rede em grelha, são pouco diferentes umas das outras.

Nas rêsdes, em que os condutos principais são divergentes, a distância entre êles aumentando para jusante, consideraremos as derivações duas a duas, diretamente opostas, fazendo recair êste caso no correspondente às rêsdes em grelha.

Em todos êsses casos foram admitidas as mesmas circunstâncias de consumo per-capita, de distribuição de população e de tipo de distrito.

4 — CONDIÇÕES A QUE DEVEM SATISFAZER OS CONDUTOS SECUNDÁRIOS

Os condutos secundários da rede de distribuição, que estão imediatamente em contacto com os prédios a abastecer, devem satisfazer a condições de pressão mínima e de diâmetro mínimo.

A pressão mínima deve ser adequada, afim de possibilitar a alimentação de reservatórios prediais elevados ou enterrados dos edifícios, no regime de fornecimento com regularização, ou permitir a utilização da água nos pontos de consumo no interior dos prédios, no caso de regime sem regularização. O diâmetro mínimo é o do conduto, que possibilita o atendimento da solicitação, que lhe corresponder, respeitado um limite máximo para a velocidade, que não seja a causa de perdas de carga elevadas nas canalizações.

5 — CRITÉRIO PARA A ANÁLISE DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Uma rede de distribuição constitui um conjunto complexo de canalizações, que deve satisfazer as leis gerais do escoamento dos líquidos. Partem desses condutos, como derivações, os ramais prediais, que vão abastecer os prédios. Ao longo de um trecho qualquer de canalização da rede, a vazão vai variando de forma descontínua, devido às solicitações prediais e aos defeitos, que permitem vazamentos (perdas). O regime de escoamento, no conjunto do trecho, em determinado instante, é variado e entre duas derivações ou defeitos sucessivos, é permanente. A vazão à montante de uma secção é igual à soma das vazões à jusante, considerados derivações, condutos ou defeitos.

Em uma secção comum à várias canalizações, nó da rede, também, em cada instante, deve ser satisfeita a continuidade.

Considerados os condutos principais, duas hipóteses podem ser feitas para a determinação das vazões de escoamento:

— a partir de coeficientes de distribuição diretamente proporcionais à população.

— a partir de um critério probabilístico, onde se obtém a máxima vazão provável em cada secção, também na dependência da população.

No primeiro caso, qualquer que seja o tipo de rede ou o método de análise, sempre as vazões nos diversos trechos satisfarão a equação da continuidade.

No segundo caso tal não ocorre, havendo necessidade de ser estudado um critério, que permita a aplicação dos modernos métodos da determinação das vazões máximas prováveis.

Ao longo de um conduto principal à medida que nos deslocamos, para montante, a vazão máxima provável vai aumentando em obediência a uma lei estatística, resultando valores inferiores aos correspondentes a uma lei de proporcionalidade linear à população. Para a análise da rede e a determinação da superfície piezométrica efetivamente mais desfavorável, não é adequada a determinação das pressões, partindo das vazões máximas prováveis, em cada secção, pois não estaria sendo satisfeita a equação da continuidade.

Em um conduto a vazão máxima provável em uma secção A em um determinado instante teria para uma secção B à jusante, uma vazão que é inferior à máxima vazão provável correspondente.

É necessário estudar para êstes casos a maneira de conciliar os dois conceitos:

— cada secção do conduto seria dimensionada para a vazão máxima provável,

— para a rede a determinação da superfície piezométrica deveria considerar o conjunto das vazões que, satisfazendo a condição de continuidade, representasse as condições efetivamente mais desfavoráveis. A superfície piezométrica, que correspondesse às vazões máximas prováveis, em todos os trechos, estaria em cota inferior a essa, portanto, a favor da segurança com referência às pressões, mas, poderia exigir um reservatório elevado de maior custo, localizado em cota superior à necessária e durante os períodos de menor consumo aumentar as perdas na rede de distribuição, devido a pressões estáticas mais elevadas.

Em uma rede do tipo em grelha, ou em espinha de peixe, o sentido do escoamento, nos condutos principais, fica conhecido desde que se complete o seu traçado.

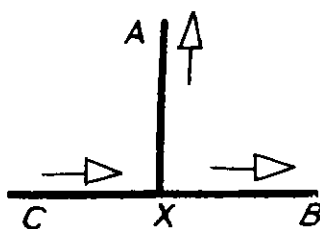


Figura II-4

Sejam os trechos A, B e C convergentes do nó X. Admitindo que o trecho A abastece uma população de 6.000 habitantes e o trecho B uma população de 3.000 habitantes, imediatamente à montante do nó X corresponderia para o trecho C, uma população de 9.000 habitantes. Com as hipóteses formuladas por Yassuda (2 — Capítulo III, 8) para regime de alimentação, sem regularização, de rede com peças de tipo uniforme (vazão 0,31/seg), quota "per-capita" de 200 litros por habitante e por dia e coeficientes do dia e da hora de maior consumo iguais a 1,50 tem-se:

QUADRO II-1

Trecho	Vazão (l/seg)
A	39,0
B	21,0
C	56,0

A soma das vazões dos trechos A e B, 60 l/seg, é superior à vazão do trecho C, imediatamente à montante do nó X.

Em uma rede malhada, para as mesmas circunstâncias atrás referidas, considerado o circuito ABCDA (figura II-5), de um conjunto de circuitos analisados pelo método de

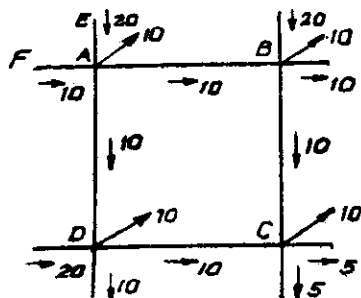


Figura II-5

Hardy-Cross (7-17), com as vazões indicadas em litros por segundo satisfazendo, em cada nó, a condição de continuidade, ao verificarmos a condição relativa às perdas de carga no circuito, encontramos, por exemplo, o erro $Q = + 2$ l/seg. Corrigidas as vazões (o sentido horário considerado como positivo) resulta:

QUADRO II-2

Trecho	Vazão (1/seg)	População Correspondente (hab)	Vazão Corrigida (1/seg)	População Correspondente (hab)
AB	10	1.230	12	1.580
BC	10	1.230	12	1.580
CD	—10	1.230	— 8	940
DA	—10	1.230	— 8	940

Nesse exemplo, que mostra uma das dificuldades a resolver, na aplicação do método de análise, no qual tôdas as vazões iniciais foram supostas satisfazer a condição de continuidade, verifica-se que:

— no conjunto das canalizações do circuito, a população global correspondente aos quatro trechos seria de 4.920 habitantes (diversos habitantes certamente considerados duas vezes), para as vazões iniciais e de 5.040 habitantes, para as vazões corrigidas.

— em um nó, A por exemplo, satisfeita a continuidade, para as vazões iniciais, também se nota (Quadro II-3) modificação das populações representadas pelas novas vazões. Para os trechos AB e AD têm-se as populações de 2.460 habitantes, para as vazões iniciais e 2.520 habitantes, para as vazões corrigidas.

QUADRO II-3

Trecho	Vazão (1/seg)	População Correspondente (hab)	Vazão Corrigida (1/seg)	População Correspondente (hab)
EA	20	2.800	20	2.800
FA	10	1.230	10	1.230
AB	—10	1.230	—12	1.580
AD	—10	1.230	— 8	940
Nó A	—10	1.230	—10	1.230

Este é um problema a ser resolvido. A sua solução vai permitir, que se aplique às rês de distribuição, em tôda a sua plenitude, o método probabilístico. É um assunto, que foge ao tema central de nosso trabalho, razão pela qual não será abordado em nosso estudo.

III — CONDIÇÕES GERAIS

1 — EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

No Estado de São Paulo, inclusive a sua Capital, a experiência nos apresenta uma grande variedade de edifícios residenciais. Para a determinação das vazões necessárias ao abastecimento das residências e da pressão mínima na rês de água, na secção correspondente à tomada para o ramal predial de água fria, agrupamos os edifícios em três

categorias, escolhendo um tipo representativo de cada uma delas, com referência às suas instalações prediais:

- edifício de padrão inferior
- edifício de padrão médio
- edifício de padrão superior.

Essa classificação corresponde às habitações das diversas categorias sociais:

- classe operária
- classe média
- classe abastada

O edifício de padrão inferior poderia ter um ou dois pavimentos. No primeiro caso os compartimentos sanitários compreenderiam: cozinha, área com tanque e banheiro com as seguintes peças:

- pia 1
- tanque 1
- chuveiro 1
- bacia sanitária 1
- bidê 1
- lavatório 1
- banheira 1
- torneira comum 1

No segundo caso seriam dois domicílios, um em cada pavimento, ambos com instalações sanitárias idênticas às do caso anterior.

O edifício de padrão médio, com dois pavimentos, compreenderia os seguintes compartimentos sanitários: cozinha, lavabo, banheiro principal, sanitário adicional, banheiro de empregados, lavanderia e garage com as seguintes peças:

- pias 2
- lavatórios 4
- bacias sanitárias 4
- bidê 1
- banheira 1
- chuveiros 3
- torneiras comuns 2
- tanque 1
- máquina de lavar roupa 1
- torneira de jardim 2
- torneira de garage 1

O edifício de padrão superior, com dois pavimentos, compreenderia copa, cozinha, lavabo, dois banheiros, compartimento sanitário adicional, cozinha e banheiro de empregados, lavanderia e garage com as seguintes peças:

- pias 4
- lavatórios 5
- bacias sanitárias 5
- bidês 3
- banheiras 2
- chuveiros 4
- torneiras comuns 4
- tanque 1
- máquina de lavar roupa 1
- torneiras de jardim 2
- torneira de garage 1

2 — INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

A instalação predial de água fria dos edifícios do capítulo III-1 foi calculada com o auxílio da Norma Brasileira de Instalações Prediais de Água Fria, P — NB — 92 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (8).

Dessa Norma extraímos os seguintes elementos:

— Tabela III — Pesos relativos das peças de utilização.

QUADRO III-1

PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	Pêso
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,3
Bacia sanitária com válvula de descarga	40,0
Banheira	1,0
Bidê	0,1
Chuveiro	0,5
Lavatório	0,5
Pia de Cosinha	0,7
Tanque de lavar	1,0

Para as restantes peças adotamos os valores do Quadro III-2.

QUADRO III-2

PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	Pêso
Torneira comum	0,3
Máquina de lavar roupa	1,0
Torneira de jardim	0,5
Torneira de garage	0,5

Tabela IV — Pressão mínima de serviço.

QUADRO III-3

PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	Pressão em m d'água
Chuveiro	0,5
Torneira	1,0
Válvula de flutuador da caixa de descarga	0,5

Tabela V — Velocidades e vazões máximas.

QUADRO III-4

Diâmetros (mm)	Velocidades (m/seg)	Vazões (l/seg)
13	1,60	0,20
19	1,95	0,55
25	2,25	1,15
32	2,50	2,00
30	2,75	3,10
50	3,15	6,40

— Os diâmetros dos sub-ramais obedecendo aos valores da Tabela VII

— As vazões calculadas com a fórmula $Q = 0,30 \sqrt{\Sigma p}$, onde a vazão é dada em litros por segundo e Σp é a soma dos pesos correspondentes às peças abastecidas pelo trecho de conduto, que vai ser dimensionado.

As perdas de carga calculadas pela fórmula de Fair, Whipple e Hsiao (9-246) estudada para canalizações de pequeno diâmetro e que no caso de tubulação de aço galvanizado, material adotado no cálculo dos condutos da rede predial, assume a forma:

$$J = 0,002021 \frac{Q_1^{1,88}}{D_1^{4,88}} \quad \text{(III-1)}$$

As perdas de carga localizadas calculadas em comprimento equivalente, conforme a tabela VI da Norma P — NB — 92.

3 — DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO

A distribuição da população, para os distritos construídos com as residências do capítulo III-1, foi determinada com o seguinte critério:

- quarteirões com dimensões médias de 100m por 100m, área de 1 hectare,
- vias públicas com a largura média de 12 metros
- área útil do quarteirão 88m x 88m = 7.744m²
- população média por domicílio: 5 habitantes
- nos distritos com residências de padrão inferior com dois pavimentos, a cada um deles corresponde um domicílio.

Os resultados constam do quadro III-5.

QUADRO III-5

Residências Padrão	Área do Lote (m ²)	Número de Prédios	N.º de Domicílios	Distribuição de População (hab/ha)
inferior - 2 pav.	258	30	60	300
inferior - 1 pav.	258	30	30	150
médio	387	20	20	100
superior	645	12	12	60

Essa distribuição obedece à lei Estadual 1.561-A de 29-12-1951 (4), que obriga na Quarta Parte — Traçado Sanitário das Cidades:

“art. 286 — A área mínima reservada a espaços abertos públicos compreendendo ruas e sistemas de recreio, deverá ser de trinta por cento da área arruada.

art. 287 — A área citada no artigo anterior deverá ser distribuída do seguinte modo: dez por cento para sistemas de recreio e vinte por cento para vias públicas.

art. 290, parágrafo único — A área mínima do lote será de duzentos e cinquenta metros quadrados”.

Nos casos considerados a área correspondente às vias públicas é de 22,56% da área do quarteirão e a área mínima do lote 258m².

Ao lado dessa distribuição da população vamos considerar os valores estudados, pela Divisão de Planejamento e Obras do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo (10-9), ao estabelecer as Normas e Especificações, para a Elaboração de Projetos de Esgotos Sanitários, para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo. No Anexo II considera a densidade média de população na parte residencial prevista para o ano 2.000, conforme Quadro III-6.

QUADRO III-6

Bairros Principais e Cidades Vizinhas à Capital	Densidade Média (hab/ha)
Brooklin	60
Guarulhos, Tucuruvi	70
Sto. Amaro, Freguesia do Ó, Itaquera	80
São Miguel Paulista	90
Pinheiros, São Bernardo do Campo	100
Osasco	110
Vila Carrão, Penha, Saúde	120
Jardim América, Ibirapuera, Casa Verde	120
Sant'Ana, Vila Maria, Guarapiranga	120
Lapa, Sto. André, Morumbi	140
Vila Pompéia, Ipiranga	160
Vila Prudente, Butantã	160
Sta. Cecília, S. Caetano do Sul	180
Tatuapé, Liberdade	200
Anhangabaú	260
Moóca	280
Parí	360

4 — CONDIÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS PELA REDE DE DISTRIBUIÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO.

4.1 — Interior do Estado

Para as cidades do interior do Estado de São Paulo segundo a lei Estadual 1.561-A de 29-12-1951, na Quinta Parte, Título Quarto, Abastecimento de água, esgotos sanitários das cidades (4):

“art. 328 — Para o suprimento de água às cidades deve ser tomada como base uma quota diária por habitante não inferior a duzentos litros.

art. 330 — O dimensionamento da rede de distribuição de águas deverá ser feito, tendo em vista as condições mais desfavoráveis, admitindo-se os coeficientes mínimos de 1,25 e 1,50 para o dia e a hora de maior consumo.

art. 331 — Em qualquer ponto da rede deverá ser garantida uma carga disponível mínima de quinze metros.

art. 332 — O diâmetro mínimo nas redes de distribuição será de cinquenta milímetros”.

4.2 — Capital do Estado

Para a Capital do Estado e as cidades vizinhas os estudos obedecem às Normas e Especificações para a Elaboração de Projetos de Redes de Abastecimento de Água para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo (11-86). No Capítulo 2 — Especificações:

“2.1 — O consumo médio anual por habitante será de 300 litros por 24 horas.

O consumo máximo diário a prever será de 1,5 vezes o consumo médio anual e o consumo máximo horário será de 1,5 vezes o consumo máximo horário.

2.4 — A pressão dinâmica mínima será de 15 metros de coluna de água.

2.6 — Velocidade máxima nos tubos (Quadro III-7).

2.7 — Diâmetro mínimo de 100mm, nas áreas do perímetro urbano; e de 75 mm de diâmetro nas demais áreas”.

Com relação ao Quadro III-7, cabe observar que valores limites próximos desses são utilizados em diversos países, por exemplo na Venezuela conforme Mijares (12-213) Quadro III-8:

QUADRO III-7

Diâmetro (mm)	Velocidade Máxima (m/seg)	Vazão Máxima (l/seg)*	Perda de Carga (m/km)
50*	0,50	1,0	14,9
75	0,50	2,2	9,3
100	0,60	4,7	9,3
150	0,80	14,1	9,9
200	0,90	28,3	8,8
250	1,10	54,0	9,8
300	1,20	84,8	9,3
350	1,30	125,0	9,1
400	1,40	175,8	8,9
450	1,50	238,4	8,8
500	1,60	314,0	8,8
550	1,70	403,7	8,2
600	1,80	508,7	8,2

(*) Valores introduzidos pelo autor; as perdas de carga foram calculadas pela fórmula de Williams e Hazen para $C = 90$.

QUADRO III-8

Diâmetro (mm)	Velocidade Máxima (m/seg)	Vazão Máxima (l/seg)
80	0,75	3,77
100	0,75	5,89
150	0,80	14,14
200	0,90	28,27
250	1,00	49,09
300	1,10	77,75
350	1,20	115,45
400	1,25	157,10
450	1,30	206,76
500	1,40	274,90
550	1,50	356,37
600	1,60	452,39

5 — MODÉLO DE REDE

Os condutos principais, nas redes em grelha ou em espinha de peixe, são considerados paralelos e situados a distâncias d múltiplas de 100 metros. De cada conduto principal são traçadas as derivações, constituídas de condutos secundários, distantes entre si de 100 metros em média. Para a área no interior de dois condutos principais consecutivos, tomando

duas derivações opostas, cada uma delas abastecerá em média, a área $\frac{dL}{2}$ indicada na

figura III-1. Nas redes malhadas os condutos principais formarão circuitos, com forma de quadrados com os lados opostos distantes de um múltiplo de 100 metros. As derivações espaçadas de 100 metros, abastecerão a área interna aos circuitos, correspondendo a cada derivação uma área média igual ao quociente da área total pelo número de derivações.

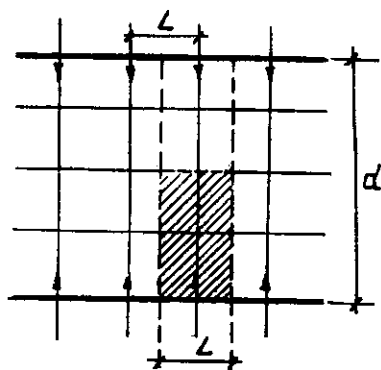


Figura III-1

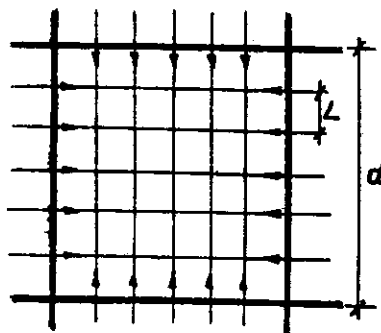


Figura III-2

6 — POPULAÇÃO OU EDIFÍCIOS ABASTECIDOS POR UMA DERIVAÇÃO

6.1 — Rêdes em grelha

Consideradas duas derivações opostas (figura III-1), cada uma delas abastecerá a área dL

média $\frac{dL}{2}$. Com d e L em hectômetros a área resulta em hectares. Para as distribui-

ções de população do capítulo III-3, resulta o número de domicílios abastecidos do Quadro III-9, onde a cada domicílio corresponde a população de 5 habitantes.

6.2 — Rêdes malhadas

Seja um circuito principal com lado d (número múltiplo de 100m) em hectômetros, no qual as derivações estão espaçadas de 100m. Em cada lado do circuito há $d-1$ derivações e na área d^2 hectares interna ao circuito há 4 ($d-1$) derivações, correspondendo, a cada d^2

derivação, uma área média igual a $\frac{d^2}{4(d-1)}$ conforme o Quadro III-10.

QUADRO III-9
DOMICÍLIOS SERVIDOS POR UMA DERIVAÇÃO

Distância d (m)	Área Mé- dia por derivação (ha)	População em habitantes por hectare															
		60	70	80	90	100	110	120	140	150	160	180	200	260	280	300	360
200	1,0	12	14	16	18	20	22	24	28	30	32	36	40	52	56	60	72
300	1,5	18	21	24	27	30	33	36	42	45	48	54	60	78	84	90	108
400	2,0	24	28	32	36	40	44	48	56	60	64	72	80	104	112	120	144
500	2,5	30	35	40	45	50	55	60	70	75	80	90	100	130	140	150	180
600	3,0	36	42	48	54	60	66	72	84	90	96	108	120	156	168	180	216
700	3,5	42	49	56	63	70	77	84	98	105	112	126	140	182	196	210	252
800	4,0	48	56	64	72	80	88	96	112	120	128	144	160	208	224	240	288
900	4,5	54	63	72	81	90	99	108	126	135	144	162	180	234	252	270	324
1.000	5,0	60	70	80	90	100	110	120	140	150	160	180	200	260	280	300	360

QUADRO III-10

Distância d (m)	Número de Derivações 4 ($d-1$)	Área Total d^2 (ha)	Área Média por Derivações (ha)
200	4	4	1,000
300	8	9	1,125
400	12	16	1,333
500	16	25	1,563
600	20	36	1,800
700	24	49	2,042
800	28	64	2,286
900	32	81	2,531
1.000	36	100	2,778

QUADRO III-11
DOMICÍLIOS SERVIDOS POR UMA DERIVAÇÃO

Distância d (m)	Área Mé- dia por derivação (ha)	População em habitantes por hectare															
		60	70	80	90	100	110	120	140	150	160	180	200	260	280	300	360
200	1,000	12	14	16	18	20	22	24	28	30	32	36	40	52	56	60	72
300	1,125	14	16	18	20	23	25	27	32	34	36	41	45	59	63	68	81
400	1,333	16	19	21	24	27	29	32	37	40	43	48	53	69	84	90	96
500	1,563	19	22	25	28	31	34	38	44	47	48	56	63	81	88	94	112
600	1,800	22	25	29	32	36	40	43	50	54	58	65	72	94	100	108	129
700	2,042	24	28	33	37	41	45	49	51	61	65	73	81	106	114	122	144
800	2,286	27	32	37	41	46	50	55	64	69	73	82	91	119	128	137	164
900	2,531	30	35	40	45	51	56	61	71	76	81	91	101	129	142	152	179
1.000	2,778	33	39	44	50	55	61	67	78	83	89	100	111	144	156	167	200

Para as mesmas distribuições de população do capítulo III-3, o Quadro III-11 nos dá o número médio de domicílios por derivação para este caso.

6.3 — Conclusão

Comparando os resultados obtidos nos Quadros III-9 e III-11 à medida que aumenta a distância d entre condutos principais, para a mesma distribuição de população, o número de domicílios correspondentes a cada derivação aumenta, em proporção diferente para cada tipo de rede. Com qualquer valor de d excetuado o primeiro, uma derivação na rede malhada alimenta em média, menor número de domicílios, para a mesma distribuição de população do que na rede em grelha.

Em consequência, para o mesmo d e a mesma distribuição de população, nas redes malhadas:

- as vazões nas derivações das redes são menores,
- os diâmetros dos condutos secundários são dimensionados para vazões menores,
- o comprimento dos condutos principais é maior.

— Continua —