

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES DE REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - ESTUDO DE CASO

Rodrigo Pereira Ferreira (1), Flávia Cauduro (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)rodrigo23ferreira@gmail.com, (2)flavia.cauduro@unesc.net

RESUMO

O dimensionamento de uma rede de distribuição de água em uma edificação pode ser realizado por dois métodos diferentes: Consumo Máximo Provável, onde estima-se o número de aparelhos funcionando ao mesmo tempo, e o Consumo Máximo Possível, hipótese que considera todos os aparelhos sendo utilizados simultaneamente. O objetivo principal é analisar as diferenças entre os métodos, comparando os diâmetros calculados, vazões e pressões nos trechos. Para o comparativo foi definido uma edificação residencial privativa multifamiliar e realizado 02 (dois) traçados de tubulação, o primeiro utilizando hidrômetros individuais por apartamento e o segundo com hidrômetro geral para a edificação. Com base no dimensionamento, o método Consumo Máximo Provável foi o modelo considerado mais eficiente e econômico para esse tipo de edificação residencial, resultando em tubulações com diâmetros e vazões inferiores, que resultam em menores perdas de cargas ao longo das tubulações, e pressões superiores nos pontos de abastecimento de água. Com relação ao tipo de medição de consumo de água, o dimensionamento com utilização de hidrômetros individuais aplicando o método Consumo Máximo Provável apresentou melhor condição de dimensionamento aliado com o menor gasto com tubulação.

Palavras-Chave: Consumo Máximo Provável. Consumo Máximo Possível. Instalações Hidráulicas.

1. INTRODUÇÃO

Dimensionar é o ato de determinar dimensões e grandezas, a NBR 5626:1998 normatiza os critérios para o dimensionamento de instalações prediais de água fria. De acordo com esta norma, as instalações hidráulicas devem ser projetadas e construídas de modo a garantir o fornecimento contínuo de água, em quantidade suficiente, com pressões e velocidades adequadas ao perfeito funcionamento das peças de utilização e dos sistemas de tubulações. Além de preservar rigorosamente a qualidade de água do sistema de abastecimento e o máximo conforto dos usuários. Segundo Creder (2006) na elaboração dos projetos de instalações hidráulicas, o projetista deve estudar a interdependência das diversas partes do conjunto, visando ao abastecimento nos pontos de consumo dentro da melhor técnica e economia.

Carvalho diz que:

Tendo em vista a conveniência sob o aspecto econômico, toda instalação de água fria deve ser dimensionada trecho a trecho. O dimensionamento do barrilete, assim como das colunas, dos ramais de distribuição e dos sub-ramais que alimentam as peças de utilização, deverá ser feito por trechos por meio de tabelas apropriadas.

A NBR 5626:1998 adota apenas um método de cálculo de dimensionamento de tubulações para qualquer tipo de edificação. Onde não faz distinção do tipo de ocupação do prédio e regime de horário de funcionamento dos aparelhos. Entretanto, as bibliografias trazem dois possíveis métodos para o cálculo, o consumo simultâneo máximo provável (CMPR) dos aparelhos e consumo simultâneo máximo possível (CMPO) de todos aparelhos.

O primeiro método, CMPR, Botelho (2006) diz que: o funcionamento simultâneo é pouco provável, por exemplo, em uma residência, eventualmente todos aparelhos vão estar sendo utilizados ao mesmo tempo. Para o dimensionamento atribuem-se pesos aos aparelhos, ou seja, cada peça utilizada é equivalente a um valor denominado “peso”, esses valores são estabelecidos empiricamente em função da vazão de projeto. Com o somatório dos valores, o diâmetro do tubo é encontrado utilizando o ábaco para encanamentos de cobre e PVC.

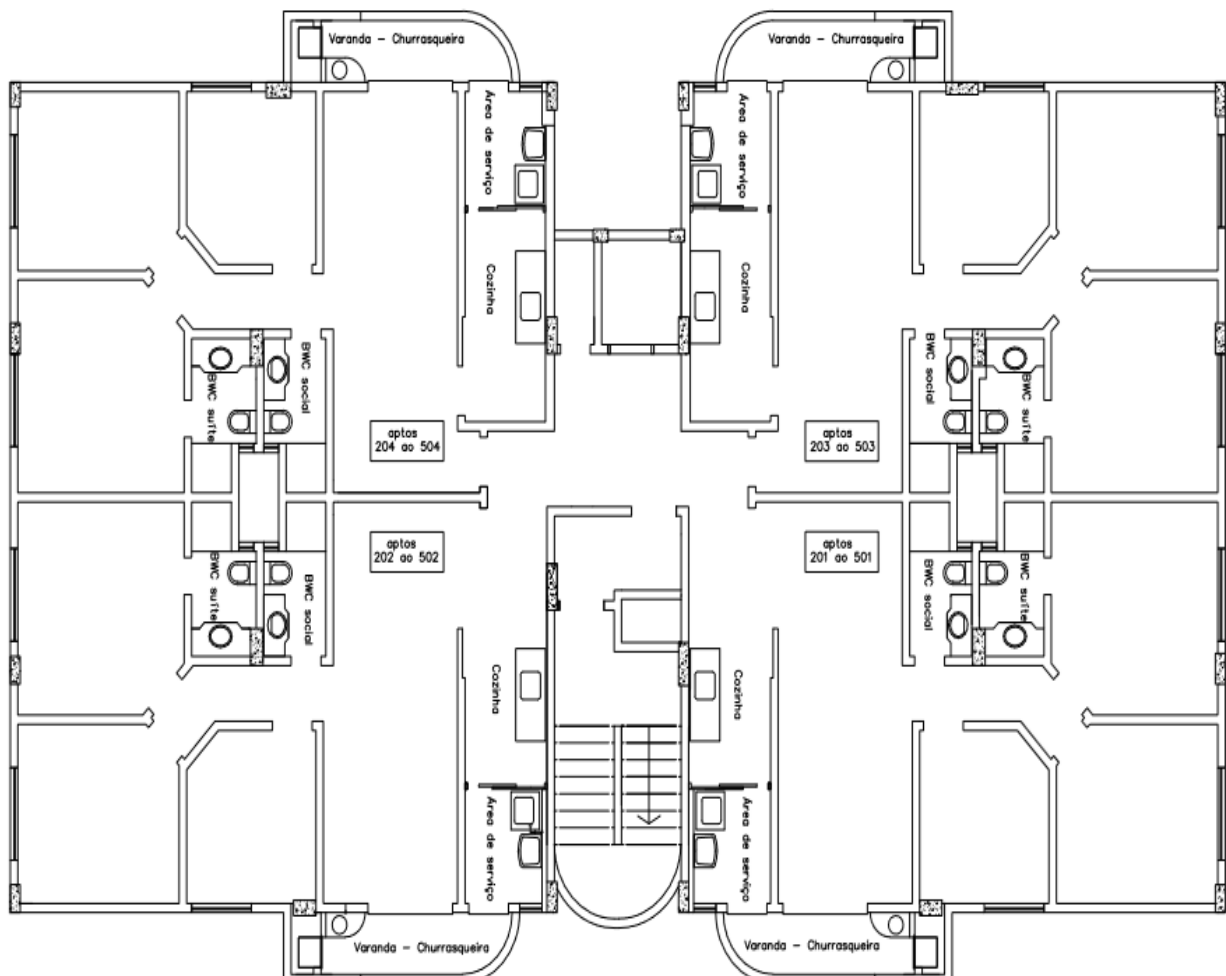
Segundo Botelho (2006) para o CMPO é considerado que todos os aparelhos funcionam ao mesmo tempo, sendo esse processo utilizado mais em locais onde a utilização de peças é simultânea em razão de horários. Como, por exemplo, nos quartéis e escolas, os quais, no momento de sua maior utilização têm todos os pontos funcionando ao mesmo tempo, particularmente os lavatórios e chuveiros. Para o dimensionamento usamos o método das seções equivalentes, onde todos os diâmetros são expressos em função da vazão obtida com o tubo de 20 mm.

O trabalho tem como objetivo analisar as diferenças entre os métodos de dimensionamento de redes de água em uma edificação residencial privativa multifamiliar. Para alcançar este objetivo a pesquisa consiste em: estudar os métodos de dimensionamento de ramais prediais; dimensionar a tubulação hidráulica utilizando os métodos de cálculo estudados; comparar os métodos de dimensionamento com a aplicação de hidrômetros individuais e hidrômetro geral; orçar os gastos com tubulação para cada modelo; avaliar o modelo mais adequado para o estudo de caso.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em duas etapas: na primeira foi identificado o objeto do estudo de caso - uma edificação de 04 (quatro) pavimentos tipo, cada pavimento com 04 (quatro) apartamentos conforme Figura 01; foram traçadas as tubulações nos dois esquemas propostos, com hidrômetros individuais e com hidrômetro geral – as colunas de água fria saindo do reservatório superior até os pontos de consumo de cada apartamento; foram dimensionadas, em uma planilha de Excel, as tubulações da edificação com as duas hipóteses de cálculo, junto com as vazões e pressões em cada trecho. Na segunda etapa constituiu-se em avaliar e interpretar as diferenças entre os métodos de cálculo e esquema traçado das tubulações e poder comparar os resultados do dimensionamento encontrando o método adequado econômico, prático e teórico para este estudo de caso.

Figura 01 – Planta Baixa do Pavimento Tipo (4x)



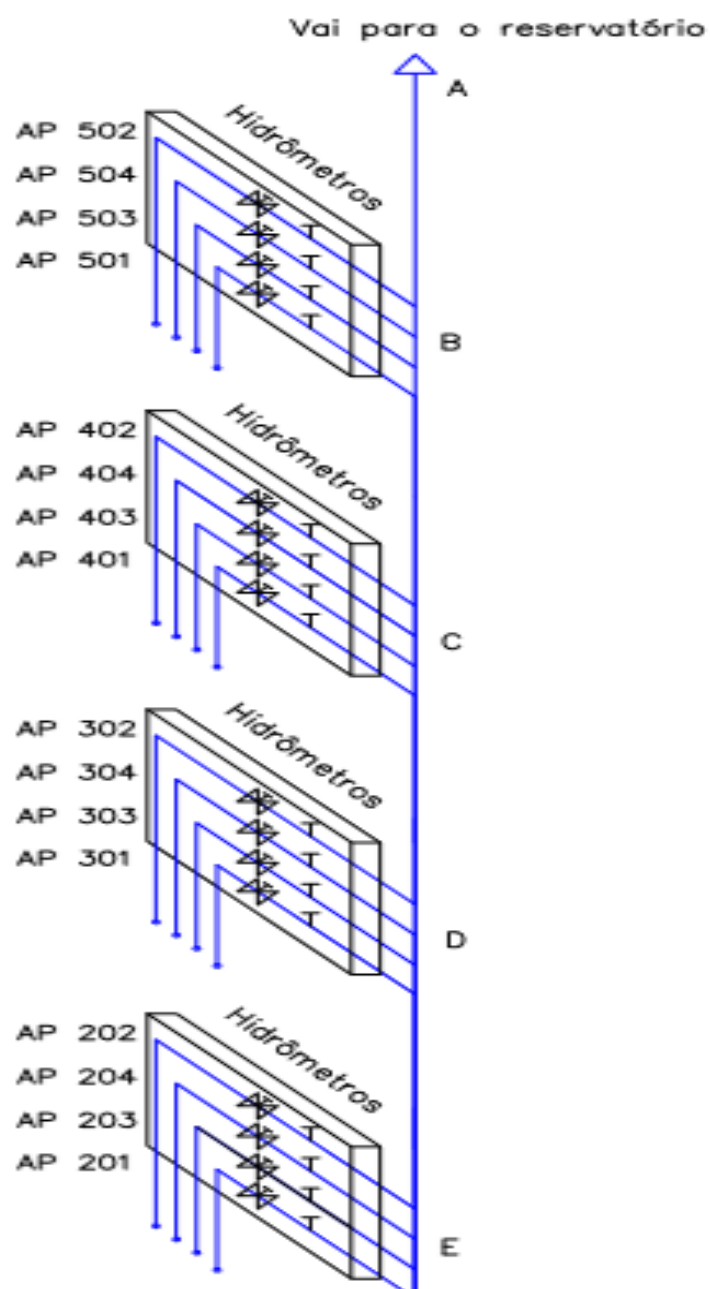
Fonte: Do autor (2017)

2.1 TRAÇADO DA TUBULAÇÃO

2.1.1 Hidrômetro Individual

Com a edificação definida foi realizado o traçado da rede de água fria. A Figura 02 representa a coluna de distribuição da rede utilizada para realizar os cálculos do modelo com hidrômetros individuais.

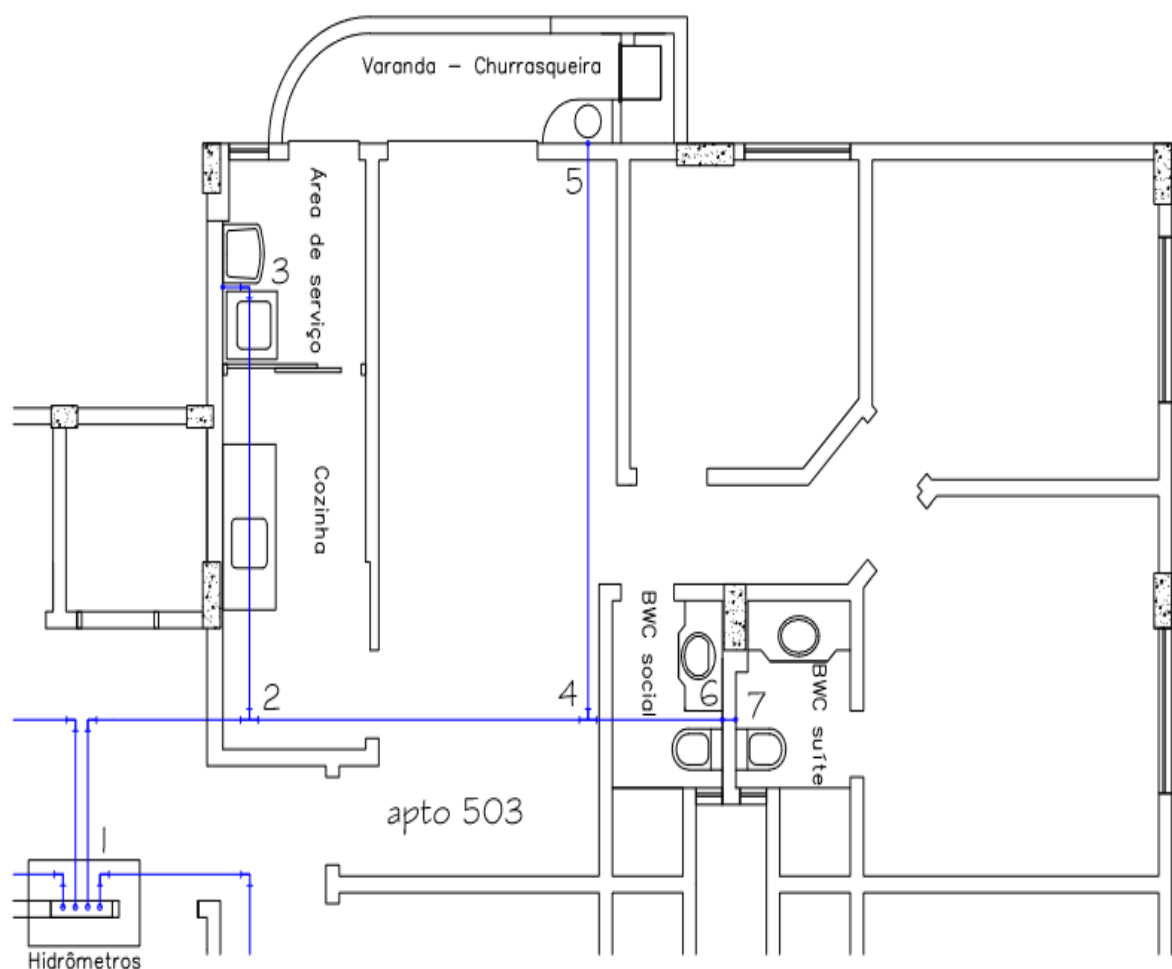
Figura 02 - Hidrômetros Individuais: Coluna de distribuição



Fonte: Do autor (2017)

A Figura 03 representa o esquema isométrico de abastecimento do apartamento 503 considerando o uso de medidores individuais de consumo de água. A definição de utilizar o apartamento 503 foi baseada em ele ser do último pavimento do edifício, ou seja, sendo com menor altura manométrica resultando uma menor pressão no trecho. Dentre os apartamentos do último pavimento, possui maior distância até o hidrômetro, ou seja, acarreta maior comprimento de tubulação e maiores perdas de cargas. Observado como a situação mais crítica dimensionada.

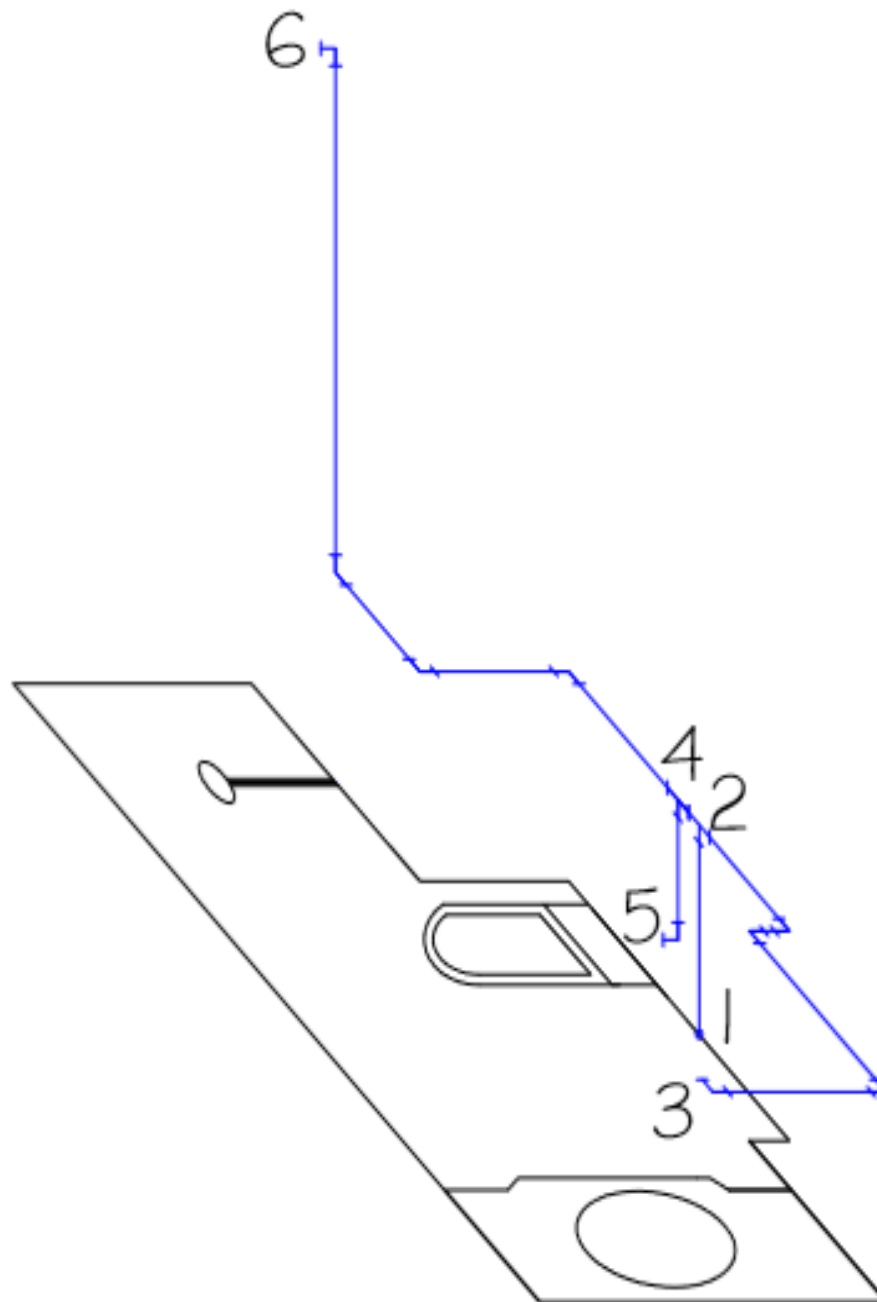
Figura 03 – Planta Baixa de distribuição de água do Apartamento 503



Fonte: Do autor (2017)

O banheiro da suíte por ser a pior situação para abastecimento dentre os pontos de consumo do apartamento, foi escolhido para cálculo. A Figura 04 mostra o esquema do banheiro que foi utilizado nos métodos de cálculo.

Figura 04 – Isométrico do Banheiro da Suíte

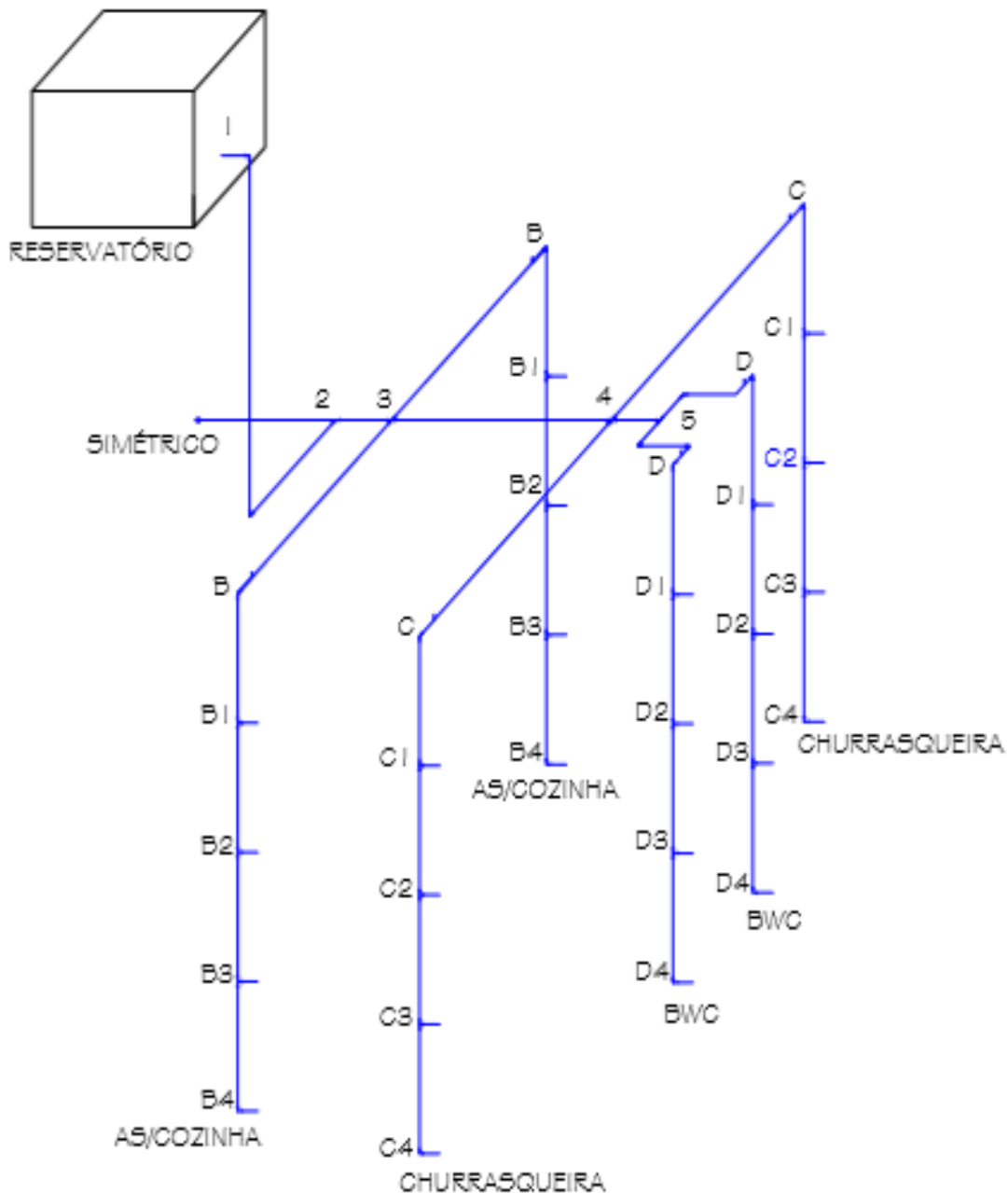


Fonte: Do autor (2017)

2.1.2 Hidrômetro Geral

A Figura 05 mostra as colunas de distribuição de água proposto para a utilização do hidrômetro geral. O esquema também é composto pelo isométrico do banheiro da suíte do apartamento 503, conforme Figura 04, situação escolhida por ser a mais desfavorável com relação a pressão.

Figura 05 - Hidrômetro Geral: Colunas de distribuição



Fonte: do autor (2017)

2.2 CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO PROVÁVEL (CMPR)

Para o CMPR considera-se que os aparelhos sanitários dificilmente vão ser utilizados simultaneamente, em um apartamento é pouco provável que o chuveiro vai ser utilizado ao mesmo tempo com o lavatório, assim foi estimado a vazão conforme citado no item 2.1.1 nos trechos, adotando “pesos” para cada peça de utilização.

2.2.1 Estimativa das Vazões

Para o dimensionamento foi preciso estimar uma demanda provável simultânea de água, e para isso se tem como base a experiência acumulada na observação de instalações similares, assim adotou-se “pesos” para cada aparelho sanitário.

A norma NBR 5626 fala que:

A quantidade de cada tipo de peça de utilização alimentada pela tubulação, que está sendo dimensionada, é multiplicada pelos correspondentes pesos relativos e a soma dos valores obtidos nas multiplicações de todos os tipos de peças de utilização constitui a somatória total dos pesos (ΣP).

A Tabela 01 apresenta os “pesos” relativos de cada aparelho sanitário utilizado na edificação.

Tabela 01 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Peças de Utilização	Vazão (l/s)	Peso
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,30
Chuveiro	0,20	0,5
Lavatório	0,20	0,5
Máquina de lavar prato ou roupa	0,30	1,0
Pia de cozinha	0,25	0,7
Tanque de lavar roupa	0,30	1,0

Fonte: Creder (2006)

Com o somatório de pesos definidos de cada grupo de peças de utilização, foi estimado a vazão utilizada no cálculo para dimensionamento, através da Equação 01:

$$Q = 0,3 * \sqrt{\Sigma P} \quad \text{Equação (01)}$$

Onde:

Q = vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

ΣP = somatório dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

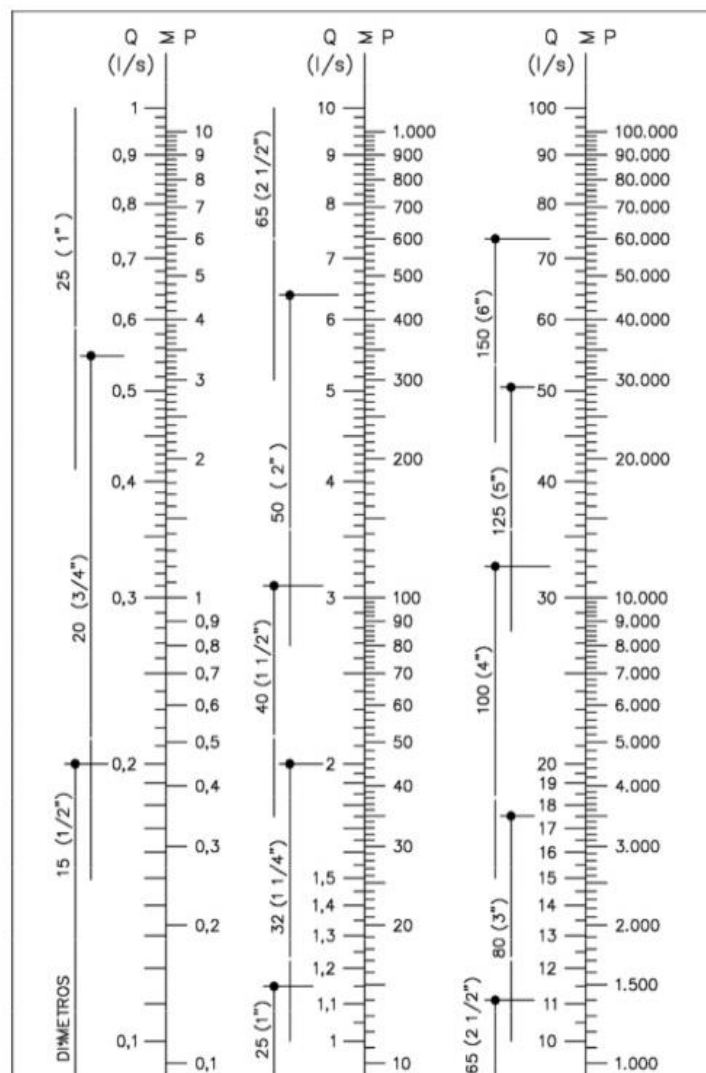
Para esta edificação foi considerado os seguintes aparelhos:

- Cozinha: Pia de cozinha;
- Área de Serviço: Tanque e máquina de lavar roupa;
- Churrasqueira: Pia de cozinha;
- BWC's: Lavatório, bacia sanitária com caixa de descarga e chuveiro.

2.2.2 Diâmetro

Com os valores dos pesos e da vazão nos trechos foi possível arbitrar os diâmetros de cada respectivo trecho. Para dimensionar os tubos foi utilizado o ábaco para encanamentos de cobre e PVC da Figura 06.

Figura 06 – Ábaco para encanamentos de Cobre e PVC



Fonte: Creder (2006)

2.2.3 Velocidade

Para o cálculo da velocidade da água na tubulação foi utilizado a Equação 02:

$$V = \frac{4000 * \sqrt{Q}}{\pi * D^2} \quad \text{Equação (02)}$$

Onde:

V = velocidade, em metros por segundo;

Q = vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

D = diâmetro interno do tubo, em milímetros.

De acordo com a NBR 5626:1998, a velocidade nas tubulações não pode ultrapassar 3,0 m/s, e nem aos valores resultantes da Equação 03:

$$V = 14 * D \quad \text{Equação (03)}$$

Onde:

V = velocidade, em metros por segundo;

D = diâmetro interno em milímetros.

2.2.4 Perda de Carga

Ao longo da tubulação por atrito do tubo com a água, ocorrem as perdas de cargas, chamadas de perdas distribuídas, essas dependem do diâmetro interno do tubo e da vazão. A NBR 5626:1998 recomenda a utilização da formula de Fair-Whipple-Hsiao, nesse caso como se utilizará tubos de PVC foi utilizado a seguinte Equação 04:

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * D^{-4,75} \quad \text{Equação (04)}$$

Onde:

J = perda de carga ao longo da tubulação em metro por metro;

Q = vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

D = diâmetro interno em milímetros.

Segundo Macintyre (2010) além da perda de energia ocorrida ao longo da tubulação,

as conexões, também geram perdas de carga, assim alteram a velocidade, aumentam o atrito e provocam choques das partículas líquidas. Essas perdas por ocorrerem nas peças mencionadas, são chamadas de perdas localizadas. Essas perdas foram adicionadas no dimensionamento.

Para este cálculo foi utilizado o método dos comprimentos equivalentes, este se baseia em que cada conexão acarreta uma perda de carga igual a um comprimento de tubulação com o mesmo diâmetro.

A NBR 5626:1998 apresenta uma tabela resumida proveniente do ábaco da Crane Corporation:

Tabela 02 – Comprimentos equivalentes a perdas de cargas em metros de tubulação.

Diâmetro	Tipo de Conexão					
	Cotovelo 90°	Tê 90° passagem direta	Tê 90° saída de lado	Registro de gaveta	Registro de globo aberto	Saída canalização
20	1,1	0,7	2,3	0,1	11,1	0,8
25	1,2	0,8	2,4	0,2	11,4	0,9
32	1,5	0,9	3,1	0,3	15,0	1,3
40	2,0	1,5	4,6	0,4	22,0	1,4
50	3,2	2,2	7,3	0,7	35,8	3,2
60	3,4	2,3	7,6	0,8	37,9	3,3
75	3,7	2,4	7,8	0,9	38,0	3,5
85	3,9	2,5	8,0	0,9	40,0	3,7
110	4,3	2,6	8,3	1,0	42,3	4,0

Fonte: NBR 5626 (1998)

A perda de carga total foi definida então através da Equação 05:

$$hf = J * Lv \quad \text{(Equação 05)}$$

Onde:

hf = perda de carga total;

J = perda de carga ao longo da tubulação, em metro por metro;

Lv = comprimento virtual, em metros.

2.2.5 Pressão Disponível

Para esse cálculo foi considerado o tipo de abastecimento indireto, ou seja, a água que vai alimentar as tubulações do ramal virá de um reservatório superior. Então a pressão considerada foi a partir da saída do reservatório.

A norma NBR 5626:1998 diz que:

Cada trecho de tubulação entre dois nós ou entre um nó e uma extremidade da rede predial de distribuição deve ser dimensionado na base de tentativa e erro, começando pelo primeiro trecho junto ao reservatório. A pressão disponível residual no ponto de utilização é obtida subtraindo-se da pressão inicial os valores de perda de carga determinados para os tubos, conexões, registros e outras singularidades.

Cada aparelho sanitário para seu perfeito funcionamento precisa de uma pressão mínima, a Tabela 03 mostra os aparelhos sanitários com suas respectivas pressões mínimas.

Tabela 03 – Pressões dinâmicas mínimas nos pontos de utilização

Aparelho	Pressão dinâmica mínima (mca)
Chuveiro de 20 mm	1,00
Torneira	0,50
Torneira boia de caixa de descarga de 20 mm	0,50

Fonte: Creder (2006)

2.2.6 Planilha

Os cálculos foram realizados com o auxílio de uma planilha no Excel.

Quadro 01 - Modelo Planilha 01 de Cálculo

DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ÁGUA - CMPR												
TRECHO	PESO ACUMULADO	VAZÃO (L/s)	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	DIÂMETRO INTERNO (mm)	VELOCIDADE (m/s)	COMPRIMENTOS (m)			PRESSÃO DISPONÍVEL (mca)	PERDA DE CARGA		PRESSÃO JUSANTE (mca)
						REAL	EQUIVALENTE	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	

Fonte: Do autor (2017)

2.3 CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO POSSÍVEL (CMPO)

Para o método CMPO, é considerado que todos aparelhos sanitários trabalhem ao mesmo tempo. Para o dimensionamento dos tubos foi realizado o acumulativo dos aparelhos utilizados na edificação, considerando utilização simultânea dos aparelhos em todos os ramais da tubulação.

2.3.1 Diâmetro dos Sub-ramais

A NBR 5626:1998 adota os diâmetros mínimos dos sub-ramais, como mostra a Tabela 04 a seguir, cada peça de utilização necessita de um diâmetro para seu funcionamento.

Cada sub-ramal foi dimensionado utilizando a Tabela 04, na maioria dos casos foi preciso aumentar o diâmetro do tubo para que a velocidade da água não ultrapassasse a máxima e que respeitasse os valores mínimos da pressão dinâmica de cada aparelho.

Tabela 04 – Diâmetros mínimos dos Sub-Ramais

Peças de Utilização	Diâmetro	
	(mm)	(pol)
Bacia sanitária com caixa de descarga	20	½
Chuveiro	20	½
Lavatório	20	½
Máquina de lavar pratos ou roupa	25	¾
Pia de cozinha	20	½
Tanque de lavar roupa	25	¾

Fonte: Creder (2006)

2.3.2 Diâmetro dos Ramais

Para calcular os ramais foi utilizado o método das seções equivalentes, a Tabela 05, mostra todos os diâmetros expressos em função da vazão obtida com o de 20 mm.

Tabela 05 – Correspondência de tubos de diversos diâmetros com o de 20 mm

Diâmetro dos canos (mm)	20	25	32	40	50	60	75	85	110
N° de canos de 20 com a mesma capacidade	1	2,9	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189

Fonte: Creder (2006)

A partir do sub-ramal dimensionado, foram calculados os ramais. Para cada trecho do ramal foram somadas as capacidades equivalentes nas peças e encontrado o diâmetro usando a Tabela 05. Nos trechos em que o diâmetro calculado não atendeu as pressões dinâmicas mínimas dos aparelhos, o mesmo foi aumentado para que atendesse a condição.

2.3.3 Vazão

No cálculo da vazão foi considerado que todos aparelhos funcionem ao mesmo tempo. Conforme a Tabela 01, realizando o somatório das vazões de todos aparelhos para obter a vazão no trecho.

Os demais cálculos de velocidade, perda de carga e pressão foram realizados utilizando os mesmos critérios e equações citados no CMPR.

2.3.4 Planilha

Os cálculos foram também executados com o auxílio de uma planilha no Excel.

Quadro 02 - Modelo Planilha 02 de Cálculo

DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ÁGUA - CMPO												
TRECHO	SEÇÃO ACUMULADA	VAZÃO (L/s)	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	DIÂMETRO INTERNO (mm)	VELOCIDADE (m/s)	COMPRIMENTOS (m)			PRESSÃO DISPONÍVEL (mca)	PERDA DE CARGA		PRESSÃO JUSANTE (mca)
						REAL	EQUIVALENTE	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	

Fonte: Do autor (2017)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 HIDRÔMETRO INDIVIDUAL

Para a análise dos resultados foi utilizado os trechos da coluna de distribuição de água, os trechos do apartamento 503 e banheiro suíte do respectivo apartamento, como já comentado no item 2.1.1, por serem os pontos mais críticos da edificação. A Tabela 06, apresenta os resultados obtidos com hidrômetros individuais na coluna de distribuição.

Tabela 06 – Dimensionamento da coluna de água fria - Hidrômetros Individuais

TRECHO	HIDRÔMETRO INDIVIDUAL					
	CMPR			CMPO		
	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)
A-B	50	2,94	9,04	110	35,20	3,86
B-C	50	2,55	10,54	110	26,40	4,27
C-D	50	2,08	12,44	110	17,60	5,92
D-E	40	1,27	14,63	85	8,80	8,32

Fonte: Do autor (2017)

Conforme Tabela 06, o dimensionamento pelo método CMPR obteve valores consideravelmente inferiores de diâmetros de tubulação. Em três dos quatro trechos o diâmetro da tubulação foi 50 mm, reduzindo para 40 mm no último trecho, D-E. Enquanto que no método CMPO a maioria dos trechos resultaram em diâmetro de 110 mm e no último trecho, D-E, reduziu para 85 mm.

As vazões calculadas pelo método do CMPO foram superiores, devido a consideração que todos os aparelhos funcionam simultaneamente. No trecho A-B a vazão foi de 35,20 l/s, resultado do somatório das vazões de cada aparelho. No CMPR a vazão no mesmo trecho A-B foi um valor consideravelmente inferior, 2,94 l/s. Nos demais trechos as vazões no CMPO deram valores superiores.

Os aparelhos sanitários precisam de uma pressão mínima para que funcionem perfeitamente. As pressões encontradas na coluna atenderam os valores mínimos nos dois métodos de dimensionamento de acordo com a Tabela 03. O cálculo da pressão depende da altura manométrica e das perdas de cargas, localizadas e da tubulação. O diâmetro e a vazão interferem nas perdas de cargas, quanto maior o diâmetro e a

vazão, maior será a perda de carga coerente com a Equação 02. Portanto, as perdas foram maiores no método CMPO devido a vazão encontrada ser superior. No trecho D-E, com maior altura manométrica, a pressão resultou em 14,63 mca no método CMPR. Enquanto que no método CMPO o mesmo trecho (D-E) obteve pressão de 8,32 mca. Nos trechos A-B, B-C, C-D, D-E da coluna de água no método CMPO foi necessário aumentar os diâmetros para adequar as pressões mínimas de abastecimento nos aparelhos sanitários, conforme Tabela 03.

Tabela 07 – Dimensionamento do Apto 503 – Hidrômetro Individual

TRECHO	HIDRÔMETRO INDIVIDUAL					
	CMPR			CMPO		
	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)
1-2	32	0,73	7,91	60	2,20	3,36
2-3	25	0,49	6,86	50	0,85	3,23
2-4	25	0,54	6,53	60	1,35	3,23
4-5	25	0,25	6,13	50	0,25	3,20
4-6	25	0,48	6,16	50	1,10	3,16
6-7	25	0,34	6,07	50	0,55	3,16

Fonte: Do autor (2017)

A Tabela 07 mostra os valores do dimensionamento do apartamento 503 com hidrômetros individuais. Os diâmetros encontrados no ramal no método CMPR foram inferiores, no trecho 1-2 foi de 32 mm, nos outros trechos o diâmetro foi de 25 mm. Enquanto que no CMPO os trechos 1-2 e 2-4 foi de 60 mm e os demais 50 mm. Para a vazão, o método CMPO resultou em valores acima comparado ao CMPR, com o somatório das vazões de todos os aparelhos, o trecho 1-2 ficou com 2,20 l/s, enquanto que nesse mesmo trecho 1-2 para CMPR o valor foi de 0,73 l/s. Nos demais trechos para o CMPO, seguiram correspondendo a vazões maiores. Os cálculos resultaram em diâmetros e vazões maiores no CMPO, como consequência as perdas nesses trechos são superiores, portanto as pressões ficaram com valores abaixo com relação as pressões nos trechos do CMPR. O trecho 1-2 entrada no apartamento no CMPR resultou 7,91 mca, já no CMPO: 3,36 mca. Apesar das pressões menores no CMPO, nos trechos correspondentes aos aparelhos atenderam ao mínimo.

Tabela 08 – Dimensionamento do BWC da Suíte do Apto 503 – Hidrômetro Individual

TRECHO	HIDRÔMETRO INDIVIDUAL					
	CMPR			CMPO		
	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)
1-2	25	0,34	5,40	50	0,55	2,54
2-3	25	0,21	5,06	25	0,20	2,21
2-4	25	0,27	5,24	50	0,35	2,53
4-5	25	0,16	5,54	25	0,15	2,92
4-6	25	0,21	2,98	50	0,20	1,00

Fonte: Do autor (2017)

Na Tabela 08 contém os valores do dimensionamento do BWC da suíte do apartamento 503 com hidrômetro individual. No método CMPR o diâmetro para todos os trechos resultou em 25 mm. Já para o método CMPO, os trechos 2-3 e 4-5 responsáveis pelos abastecimentos do lavatório e bacia sanitária respectivamente, resultaram em diâmetros de 25 mm, devido a vazão baixa calculada e por esses trechos alimentarem apenas um aparelho sanitário não acumulando vazões no trecho. O restante o diâmetro foi de 50 mm.

Os resultados das vazões nesse caso deram valores próximos, no trecho 1-2, trecho esse de entrada da água no banheiro, pelo CMPO: 0,55l/s, devido a soma de todos aparelhos, e no CMPR: 0,34 l/s. Nos trechos seguintes os valores tiveram pequenas variações. No método CMPR as pressões nos aparelhos atenderam os valores mínimos, conforme tabela 03. No CMPO foi preciso aumentar os diâmetros para atender as pressões mínimas de funcionamento dos aparelhos concordante com a Tabela 03. O trecho 4-6 abastece o chuveiro, a pressão dimensionada foi igual 1,00 mca, atendendo a mínima. Nos outros trechos as pressões foram superiores atendendo a condição.

3.2 HIDRÔMETRO GERAL

A Tabela 09 mostra os resultados calculados nas colunas de água fria com hidrômetro geral, um único medidor no edifício. Uma coluna de água para atender cada cômodo molhado do apartamento.

Tabela 09 – Dimensionamento das colunas de água fria - Hidrômetro Geral

TRECHO	HIDRÔMETRO GERAL					
	CMPR			CMPO		
	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)
1-2	50	2,94	7,70	110	35,20	3,27
2-3	50	2,08	6,03	110	17,60	2,40
2-4	40	1,54	5,82	85	10,80	1,85
4-5	40	1,37	5,83	75	8,80	1,34
3-B	32	0,99	5,69	60	3,40	1,55
B-B1	32	0,99	7,70	60	3,40	4,01
B1-B2	32	0,85	9,12	60	2,55	6,33
B2-B3	32	0,70	11,25	50	1,70	8,51
B3-B4	25	0,49	13,27	32	0,85	10,38
4-C	25	0,50	4,25	50	1,00	1,54
C-C1	25	0,50	6,40	32	1,00	3,52
C1-C2	25	0,43	8,47	25	0,75	4,03
C2-C3	25	0,35	10,86	25	0,50	6,05
C3-C4	25	0,25	13,45	25	0,25	8,63
5-D	40	0,97	5,11	85	4,40	1,14
D-D1	40	0,97	7,70	60	4,40	3,37
D1-D2	32	0,84	9,46	50	3,30	3,89
D2-D3	32	0,68	11,61	50	2,10	5,69
D3-D4	25	0,48	13,67	32	1,10	7,00

Fonte: Do autor (2017)

Conforme Tabela 09, na coluna da pia da churrasqueira: trechos C1-C2, C2-C3, C3-C4, os diâmetros coincidiram nos dois métodos, 25 mm. Nos demais trechos os diâmetros do CMPO resultaram em valores superiores. O trecho de saída do reservatório 1-2, resultou em 110 mm de diâmetro no CMPO, enquanto que no CMPR: 50 mm.

Com relação a vazão ocorreu o mesmo para o dimensionamento com hidrômetros individuais, as vazões encontradas no CMPO foram maiores, no trecho 1-2, trecho com o somatório de todos aparelhos, obteve mesmo valor da coluna de água fria dos hidrômetros individuais: 35,20 l/s, e no CMPR com 2,94 l/s.

As pressões encontradas nas colunas pelos dois métodos de cálculos deram valores que atendem ao mínimo concordante com a Tabela 03, no CMPO foi preciso aumentar o diâmetro em alguns trechos para que atendesse a condição. No CMPR as pressões ficaram maiores em todos os trechos, no trecho D3-D4: 13,67 mca (CMPR) maior pressão do esquema, e no trecho 5-D: 1,14 mca (CMPO), menor pressão encontrada.

Tabela 10 – Dimensionamento do BWC da Suíte do Apto 503 - Hidrômetro Geral

TRECHO	HIDRÔMETRO GERAL					
	CMPR			CMPO		
	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)	DIÂMETRO (mm)	VAZÃO (l/s)	PRESSÃO (mca)
1-2	25	0,34	7,03	40	0,55	2,70
2-3	25	0,21	6,69	25	0,20	2,50
2-4	25	0,27	6,87	32	0,35	2,59
4-5	25	0,16	7,17	32	0,15	2,50
4-6	25	0,21	4,61	40	0,20	1,02

Fonte: Do autor (2017)

A Tabela 10 mostra os valores calculados no banheiro da suíte do apartamento 503. Os diâmetros seguiram sendo maiores no CMPO, no trecho 2-3 o diâmetro resultou em 25 mm nos dois métodos, no CMPR a bitola permaneceu com 25 mm nos demais trechos. Já no CMPO foi encontrado diâmetro de 40 mm nos trechos 1-2 e 4-6, e 32 mm nos outros.

Pelo fato de ser o mesmo esquema isométrico para hidrômetro individual e para um hidrômetro geral no banheiro suíte as vazões calculadas foram as mesmas como mostra a Tabela 10, ficando com valores próximos nos dois métodos de cálculo, no trecho 1-2, com 0,55 l/s no CMPO e 0,34 l/s no CMPR.

A pressão apresentou diferenças comparando os métodos de cálculos, pelo fato de que as perdas de cargas foram maiores no CMPO, devido aos diâmetros resultarem em valores superiores. Os resultados atenderam ao valor mínimo de 1,00 mca, coerente com a Tabela 03, salientando que foi preciso aumentar os diâmetros em alguns trechos do banheiro no método CMPO, para que atendessem a condição, caso do trecho 6-7 que foi preciso aumentar para 40 mm.

3.3 AVALIAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO

Visando encontrar o método que satisfaça a implantação: adequado e econômico, foram quantificadas as tubulações necessárias para cada método. A Tabela 11 apresenta a quantidade, em metros, dos diâmetros que cada método necessita para ser implantado e com as duas diferentes formas de medição.

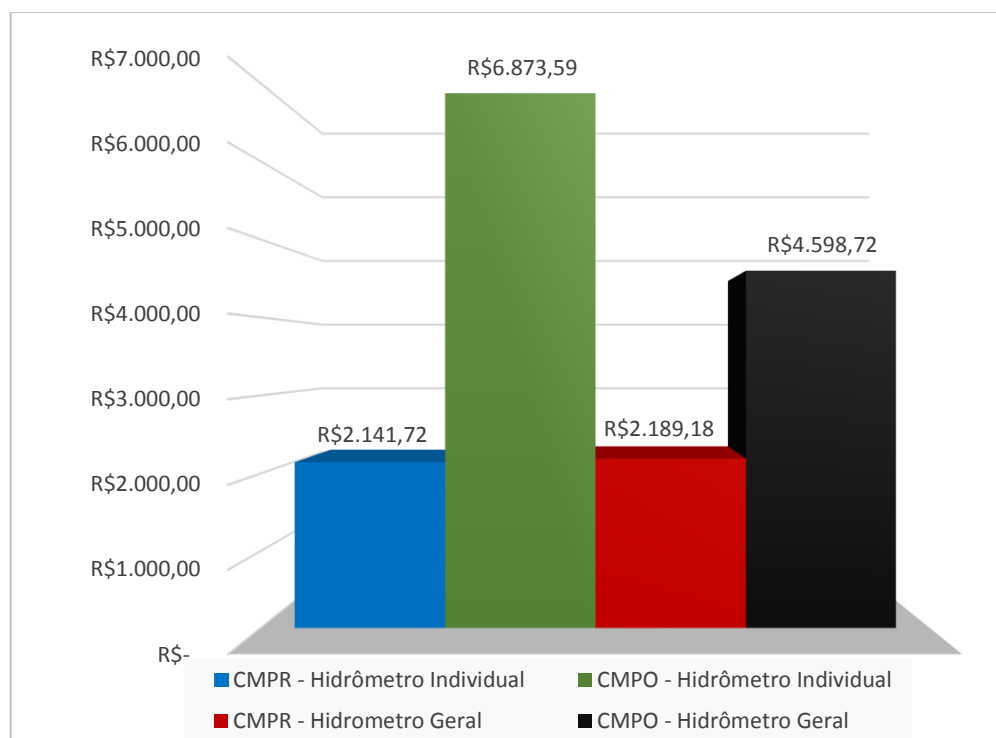
Tabela 11 - Quantitativo de tubulação (m) X método de cálculo X tipo de medição

DIÂMETRO (mm)	HIDRÔMETRO INDIVIDUAL		HIDRÔMETRO GERAL	
	CMPR	CMPO	CMPR	CMPO
25	514,40	122,40	370,52	243,60
32	56,00	10,40	78,6	69,40
40	2,85	-	35,48	19,20
50	19,40	320,00	12,05	72,52
60	-	117,60	-	55,80
75	-	-	-	2,40
85	-	2,85	-	21,68
110	-	19,40	-	12,05

Fonte: Do autor (2017)

O somatório considerou o comprimento linear de todos os ramais e sub-ramais de distribuição de água do edifício, as conexões não foram quantificadas e orçadas. Com o quantitativo de material, orçou-se os custos de cada método de cálculo e de medição de consumo. A Figura 07 abaixo mostra os resultados e o modelo mais econômico para essa edificação.

Figura 07 – Gráfico: Orçamento da tubulação X método de cálculo X tipo de medição



Fonte: Do autor (2017)

O método CMPR com hidrômetro individual foi a condição de dimensionamento com maior economia, com custo de R\$2.141,72. Para a situação com hidrômetro geral o método CMPR também apresentou maior economia, com custo de R\$2.189,18. Estes resultados mostram que independente do modelo de medição de consumo proposto o método de dimensionamento, CMPR, tem maior viabilidade econômica quando se compara com os resultados obtidos com o método CMPO.

O esquema com hidrômetros individuais utilizando o método CMPO apresentou o maior custo dos orçamentos realizados, R\$6.873,59, correspondendo a um gasto 320% superior para a implantação deste método quando comparado a situação com maior economia.

4. CONCLUSÃO

- A vazão calculada no CMPO foi a responsável pelo dimensionamento resultar em valores superiores no diâmetro das tubulações, devido acarretar muitas perdas de cargas na tubulação. Conseqüentemente com a vazão e o diâmetro maiores, as pressões nos pontos de consumo foram menores, quando comparadas com o método CMPR;
- Com relação aos 02 (dois) métodos de medição de consumo de água propostos, hidrômetros individuais e hidrômetro geral, o traçado dos trechos com hidrômetro individual foi o mais econômico no método CMPR e o traçado com hidrômetro geral foi a condição mais econômica no método CMPO. Com relação a combinação dos modelos de medição com os métodos de cálculo a utilização do CMPR com hidrômetro individual é o modelo com menor custo;
- Dentre os modelos de cálculo e as formas de medição a combinação resultante mais desfavorável foi do CMPO com hidrômetros individuais com valor gasto de tubulação de 320% acima do modelo mais econômico;
- Por fim, analisando os comparativos que foram realizados, mostra que para uma edificação residencial multifamiliar, o consumo máximo provável é o método de dimensionamento que melhor se encaixa e é o indicado para ser utilizado no dimensionamento das tubulações de água fria;
- Para trabalhos futuros, recomenda-se analisar os métodos de dimensionamento de tubulações em uma edificação residencial transitória ou escolar, como por exemplo: quartel, escola, hotel, etc.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos.; RIBEIRO, Geraldo de Andrade Jr. **Instalações prediais: usando tubos de PVC e PPR**. 2º ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

CARVALHO, Roberto Júnior de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 2º ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MACINTYRE, Arvhibald Joseph. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 4º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.