

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Carlos Eduardo Cenci Schmitz

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
HIDRÁULICO PREDIAL COM MEDIÇÃO
INDIVIDUALIZADA**

Porto Alegre
julho 2012

CARLOS EDUARDO CENCI SCHMITZ

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
HIDRÁULICO PREDIAL COM MEDIÇÃO
INDIVIDUALIZADA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Juan Martin Bravo

Porto Alegre

julho 2012

CARLOS EDUARDO CENCI SCHMITZ

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
HIDRÁULICO PREDIAL COM MEDIÇÃO
INDIVIDUALIZADA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 julho de 2012

Prof. Juan Martin Bravo
Doutor pela UFRGS
Orientador/a

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dieter Wartchow (UFRGS)
Dr. Pela Universität Stuttgart

Adalberto Meller (ANA)
Me. Pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Juan Martin Bravo (UFRGS)
Dr. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Carlos e Fátima, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Juan Martin Bravo, orientador deste trabalho, pelo incentivo, dedicação e apoio empregados. O fator motivador para a realização desta pesquisa sem dúvida foram as aulas da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministradas com dedicação pelo Prof. Juan.

Agradeço a também a Professora Carin pela coordenação deste trabalho. Agradeço também a essa professora, pelo aprendizado que tive em suas disciplinas. A metodologia de ensino empregada pela prof. Carin tornou o trabalho algo organizado e agradável de ser realizado.

Não posso deixar de esquecer todos que me apoiaram e deram o suporte necessário durante o Curso de Graduação. Cito aqui meus familiares e amigos.

Lança o saber e não terás tristeza.

Lao-Tsé

RESUMO

SCHMITZ, C. E. C. Viabilidade técnica e econômica de um sistema Hidráulico predial com medição individualizada. 2012. 70 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Nos últimos anos, as instalações hidráulicas de água fria de edifícios residenciais com medição coletiva, evoluíram para um modelo individualizado de medição do consumo. O presente trabalho confrontou algumas características das instalações hidráulicas prediais de água fria, como: porte do sistema, traçado das tubulações, quantitativo de materiais e custos envolvidos na construção e consumo de água. A partir dessas informações e de projetos hidráulicos elaborados para os diferentes sistemas de medição, comparou-se os resultados de custo para os diferentes cenários de redução no consumo de água esperados. O levantamento demonstrou que a instalação predial com medição individualizada (MI), possui um custo inicial de construção superior a instalação com medição coletiva (MC), porém, considerando a redução de água esperada para o sistema, a MI torna-se economicamente viável ao longo do tempo para o edifício estudado. No caso de uma intervenção no sistema existente, substituindo-se um sistema de MC por um de MI, também foi estudada a viabilidade econômica em função da redução esperada no consumo de água. Dessa, foi obtida uma função que determina o número de anos prévios ao final do período econômico analisado, a partir do qual não é economicamente viável efetuar-se a intervenção, em função da redução do consumo.

Palavras-chave: Instalações Hidráulicas. Água Fria. Medição Coletiva. Medição Individualizada. Custos de Construção. Viabilidade Técnica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa.....	16
Figura 2 – Esquema do ramal de abastecimento.....	20
Figura 3 – Componentes da instalação hidráulica predial.....	21
Figura 4 – Sistema de MC.....	25
Figura 5 – Sistema de MI.....	26
Figura 6 – Hidrômetro.....	27
Figura 7 – Interface do Pró-Hidráulica.....	36
Figura 8 – Planta baixa da edificação.....	38
Figura 9 – Detalhe do barrilete para MC.....	39
Figura 10 – Detalhe de CAF para MC.....	40
Figura 11 – Detalhe dos ramais e sub-ramais para MC.....	38
Figura 12 – Traçado da tubulação com MI.....	43
Figura 13 – Detalhe de instalação com MI.....	44
Figura 14 – Detalhe do projeto de substituição de MC para MI.....	48
Figura 15 – Custo total para os sistemas de medição.....	53
Figura 16 – Redução de consumo de água esperado em função do ano de substituição dos sistemas.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantitativo de material para MC.....	41
Quadro 2 – Quantitativo de material para MI.....	45
Quadro 3 – Quantitativo de material para substituição dos sistemas.....	48
Quadro 4 – Projeção do preço da água.....	51
Quadro 5 – Total gasto com materiais para os sistemas propostos.....	51
Quadro 6 – Cenários da análise econômica.....	52
Quadro 7 – Custo de substituição do sistema de MC por MI.....	53
Quadro 8 – VPL para os cenários propostos.....	54
Quadro 9 – Balanço de VPL para os cenários propostos.....	55

LISTA DE SIGLAS

CAF.....	coluna de distribuição de água fria
INCC-M...	Índice Nacional de Custo da Construção para o Mercado
mca.....	metro de coluna de água (igual a 10kPa)
MC.....	Medição Coletiva
MI.....	Medição Individualizada
NBR.....	Norma Brasileira Regulamentada
SINAPI.....	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
VPL.....	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	14
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	14
2.2.1 Objetivo principal.....	14
2.2.2 Objetivos secundários.....	14
2.3 PRESSUPOSTO.....	14
2.4 DELIMITAÇÕES.....	15
2.5 LIMITAÇÕES.....	15
2.6 DELINEAMENTO.....	15
3 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS.....	18
3.1 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA POTÁVEL.....	18
3.2 COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA.....	19
3.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO.....	22
3.3.1 Sistema direto de distribuição.....	22
3.3.2 Sistema indireto de distribuição.....	22
3.3.3 Sistema misto de distribuição.....	23
3.4 CONTROLE DA VAZÃO EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS.....	23
3.4.1 Medição coletiva.....	24
3.4.2 Medição individualizada.....	25
3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS HIDRÔMETROS.....	27
3.6 SUBSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE MC POR UM DE MI.....	28
3.7 DIRETRIZES DE PROJETO.....	30
3.8 COMPARATIVO DE CUSTOS.....	33
3.9 PRÓ-HIDRÁULICA.....	35
4 PROJETO DAS INSTALACÕES HIDRÁULICAS.....	37
4.1 PROJETO DA INSTALAÇÃO COM MC.....	37
4.2 PROJETO DA INSTALAÇÃO COM MI.....	42
4.3 PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE MC POR MI.....	47
5 ANÁLISE DOS CUSTOS.....	50
5.1 CUSTOS ENVOLVIDOS.....	50
5.2 CENÁRIOS DE COMPARAÇÃO.....	51

5.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE A – Projeto de Medição Individualizada.....	61
APÊNDICE B – Projeto de substituição dos sistemas.....	69

1 INTRODUÇÃO

A utilização da água, no Brasil, apresenta uma série de problemas que precisam ser sanados o quanto antes em nome da preservação deste precioso bem. Desde a extração da água dos rios e das reservas subterrâneas, até o consumo final por parte da indústria, da agricultura e consumo humano, antigos hábitos e práticas fazem com que a água não seja gerida de maneira apropriada. Na agricultura, observa-se um elevado consumo, principalmente no cultivo de cereais como o arroz. Na indústria, os setores metal-mecânico, têxtil, petrolífero, entre outros, são grandes consumidores. No uso doméstico, os grandes centros urbanos têm impactado consideravelmente nas reservas naturais de água.

Regulamentando a Constituição Federal Brasileira, a Lei Federal n. 9.433, aprovada em 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa Lei, em seu art. 2, estabelece como objetivo “Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos [...]”. Essa frase ressalta que a água, sendo um bem finito, tem suma importância para a população e para o futuro dessa população. A mesma Lei, em seu art. 19, referindo-se à cobrança do uso de recursos hídricos, indica que se deve “Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor [...]”. A seguir, o mesmo artigo indica o objetivo de “Incentivar a racionalização do uso da água [...]” (BRASIL, 1997).

Para uma utilização racional da água é vital o controle e redução do desperdício. Um dos fatores que afetam o desperdício de água na área urbana é o antigo sistema de rateio em condomínios e hotéis com a medição do consumo feita de forma coletiva. Na medição coletiva (MC), somente é controlado o consumo de água no ramal predial. Mensalmente, esse consumo é dividido entre todas as unidades autônomas sob critérios indiretos, como por exemplo, ponderando sob a área útil de cada unidade. Por esse modelo, os usuários não percebem o quanto suas ações de economia podem reduzir o consumo efetivamente, não colaborando na diminuição do desperdício de água.

Nesse contexto, tornou-se cada vez mais importante, principalmente para os administradores e usuários de condomínios, a proposta de uma alternativa à MC. A indústria da construção civil

viu como forma de responder a essa demanda e, concomitantemente agregar valor ao seu produto final, utilizar um sistema de medição individual de água (MI) para cada uma das unidades autônomas. Esse sistema se mostrou mais econômico, no que tange ao consumo *per capita* de água, e mais justo para com os usuários.

Alguns dos benefícios observados no sistema de MI são: a redução no consumo de energia elétrica devido ao recalque da água e o melhor controle sobre vazamentos de água de uso comum (OLIVEIRA, 1999, p. 68). Esses melhoramentos podem ser ampliados se incluídos os benefícios observados pela diminuição do consumo da água por parte das unidades autônomas da edificação em função do maior controle da conta de água.

Atualmente, diversas cidades brasileiras regulamentaram a MI como obrigatória, forçando empresas que não construíam dessa forma a adaptarem-se. O cenário que se criou foi de condomínios em construção, ou construídos há poucos anos, com o sistema de medição individualizado, enquanto os mais antigos possuem o sistema de medição coletiva.

Este trabalho pretende comparar os dois sistemas de medição apresentados pela ótica da Engenharia com um foco nos aspectos técnico-financeiros. É de interesse saber o custo de construção, manutenção e operação para cada um dos sistemas. Além dos custos para migrar de um sistema para outro. Também são propostos diferentes cenários para análise da viabilidade econômica dos diferentes sistemas de instalações hidráulicas.

O presente trabalho contém, em seu capítulo 2, as diretrizes da pesquisa. Nesse capítulo são apresentadas a questão da pesquisa, bem como os objetivos, pressupostos, delimitações, limitações e delineamento. No terceiro capítulo são expostas as definições e características principais das instalações hidráulicas prediais e seus componentes, além do restante do referencial teórico utilizado na pesquisa. O capítulo quatro trata dos detalhes do projeto das instalações propostas, sua viabilidade técnica, bem como, os custos com material das mesmas. No quinto capítulo, é abordada a análise dos custos bem como a avaliação da viabilidade econômica para os diferentes cenários sugeridos. Finalmente, no sexto capítulo são explanadas as considerações finais deste trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão da pesquisa é a seguinte: com base nos custos de construção, manutenção e consumo dos sistemas hidráulicos prediais com MC, MI, bem como na substituição do sistema de MC por um de MI, quais são os aspectos financeiros relevantes relacionados a esses sistemas e quais suas repercussões?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa são classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal é a determinação quantitativa dos aspectos financeiros de interesse na avaliação dos sistemas hidráulicos prediais com MC, MI e na substituição do sistema de MC pelo de MI.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é a avaliação dos custos de construção, manutenção e consumo que estão relacionados aos sistemas hidráulicos prediais com MC, MI e quando da substituição de um sistema com MC por um com MI.

2.3 PRESSUPOSTO

Como pressuposto desta pesquisa, são consideradas válidas as orientações da NBR 5626/1998 bem como seus procedimentos e recomendações na elaboração dos projetos necessários.

2.4 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho delimita-se a comparar custos dos diferentes sistemas de medição de água nas instalações hidráulicas prediais de água potável em um edifício exclusivamente residencial, na cidade de Porto Alegre, formado por um pavimento térreo e sete pavimentos tipo. Cada um dos pavimentos tipo contém seis apartamentos. Unicamente será considerada a instalação de água fria.

2.5 LIMITAÇÕES

As limitações da pesquisa são apresentadas abaixo:

- a) o edifício estudado tem MC e, portanto, os custos relativos à MI e à migração da MC para MI estarão baseados em um anteprojeto proposto pelo autor do trabalho;
- b) os preços dos materiais serão levantados junto a publicações especializadas;
- c) os resultados do dimensionamento das instalações de MC e na substituição dos sistemas foram obtidos com uso do *software* Pró-Hidráulica, sendo que esse segue as normas brasileiras vigentes;
- d) a avaliação dos custos de mão de obra foram aproximados em 45 % do custo do material utilizado em cada um dos sistemas. Essa aproximação é baseada na parcela relativa a mão de obra sobre o CUB;
- e) valores relativos ao consumo e custo da água, bem como os custos de manutenção desses sistemas, serão provenientes de bibliografia existente;
- f) a avaliação dos custos é focada apenas no subsistema de distribuição do edifício, visto que a alimentação seria comum aos dois sistemas de medição propostos;
- g) as tubulações de água fria destinadas ao uso condominial serão desprezadas por não acarretarem em diferença significativa ao custo total comparando-se os sistemas de MC e de MI;
- h) os custos de operação do sistema de MI serão desprezados. Isto se deve ao fato que para a edificação proposta não há a necessidade de funcionário específico para fazer a leitura mensal do consumo de água, sendo que essa função pode ser absorvida por outro funcionário ou até mesmo pelo síndico;

2.6 DELINEAMENTO

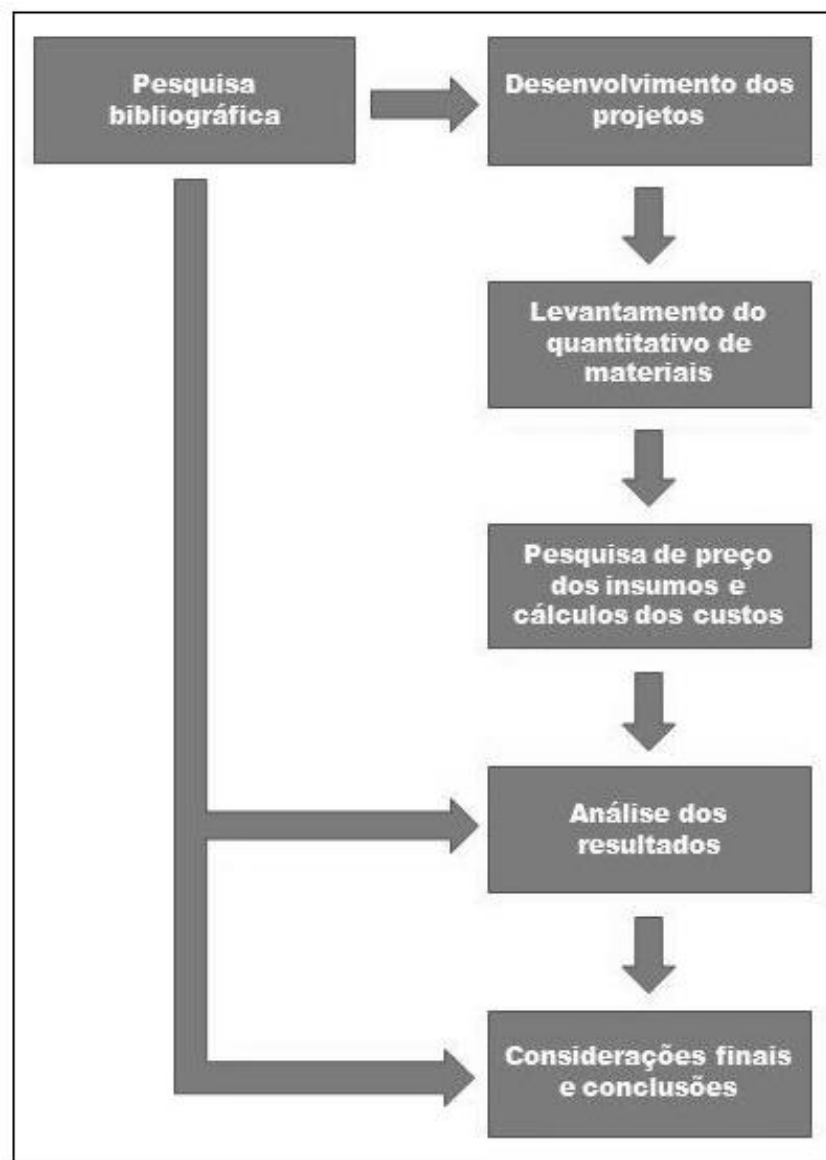
O trabalho foi realizado através de seis etapas:

- a) pesquisa bibliográfica;

- b) desenvolvimento dos projetos;
- c) levantamento do quantitativo de materiais;
- d) pesquisa de preço dos insumos e cálculo dos custos;
- e) análise dos resultados;
- f) considerações finais e conclusões.

A figura 1 apresenta as etapas do delineamento desse trabalho. É possível perceber também as interações entre atividades do projeto de pesquisa bem como a sequência das etapas propostas.

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A pesquisa bibliográfica foi a primeira etapa do trabalho. Objetivou uma melhor compreensão do tema e aprofundamento nas questões abordadas. Foi possível determinar a base para o dimensionamento das instalações bem como verificar alternativas quanto à substituição de um sistema com MC por um com MI. Nesta etapa também foi pesquisado um referencial teórico para a análise técnico-financeira que o trabalho propõe.

Na seguinte fase, foram elaborados os projetos necessários para a pesquisa. O edifício proposto para o estudo já possui um projeto hidráulico com MI. O projeto com MC e o projeto de migração do sistema de MC para MI foram elaborados pelo autor. Para facilitar a conclusão desta etapa foi utilizado o *software* Pró-Hidráulica no dimensionamento das instalações hidráulicas. Este *software* está detalhado posteriormente.

Em seguida foi efetuado o levantamento do quantitativo de materiais para a execução dos projetos da etapa anterior. O Pró-Hidráulica apresenta estes dados em formato de tabelas, trazendo para a pesquisa um elemento facilitador na conclusão desta etapa.

Posteriormente foi feita uma pesquisa de preço dos insumos e custo dos serviços. Esta pesquisa foi efetuada em bibliografia especializada, de forma que, com estes resultados seja possível calcular os custos para os diversos projetos propostos.

Com base nos orçamentos gerados na etapa anterior, inicia-se a fase de análise dos resultados. Nesta etapa foram propostos diferentes cenários para comparações e projeções das vantagens, desvantagens, custo-benefício e outras inferências que puderam ser feitas com base nos dados obtidos. Finalmente, foram feitas as considerações finais e as conclusões sobre os resultados que o trabalho de pesquisa proporcionou.

3 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

As instalações hidráulicas prediais estão inseridas no contexto dos projetos de Engenharia ditos complementares das edificações. Segundo Macintyre (2010), essas instalações convencionalmente abrangem as instalações de: água potável, esgotos sanitários, águas pluviais, combate a incêndio e água quente.

Os próximos itens desta pesquisa definem as instalações hidráulicas prediais de água potável, bem como seus componentes. Posteriormente, são caracterizadas definições de projeto presentes na normatização de referência, decretos e leis municipais da cidade de Porto Alegre, quanto aos sistemas de distribuição, de abastecimento e de medição das instalações.

3.1 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA POTÁVEL

A NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 4) define as instalações prediais de água potável como o “Sistema composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinados a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização.”. É importante ressaltar que a Portaria n. 2.914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), define água potável como sendo uma “Água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.”.

A qualidade do projeto, das instalações, bem como a qualidade dos aparelhos sanitários, interferem diretamente no grau de conforto fornecido ao usuário do sistema, tanto na qualidade como na quantidade da água disponibilizada. Na NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 16), tem-se que:

O projeto da instalação predial de água fria deve ser elaborado de modo a tornar o mais eficiente possível o uso da água e energia nela utilizada. Usualmente, este princípio implica a redução do consumo de água e energia a valores mínimos necessários e suficientes para o bom funcionamento da instalação e para satisfação das exigências do usuário.

Quanto aos requisitos que as instalações devem cumprir, a mesma Norma explicita (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 8):

- a) preservar a potabilidade da água;
- b) garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) promover economia de água e de energia;
- d) possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- f) proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.

Para decisões de projeto desta pesquisa, foram levadas em consideração as exigências das normas vigentes. A NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 1-2) arbitra que “Para que uma instalação predial de água fria seja considerada de acordo com esta Norma, é necessário que ela atenda a todas as exigências e recomendações nela constantes e não apenas parte ou itens dela.”.

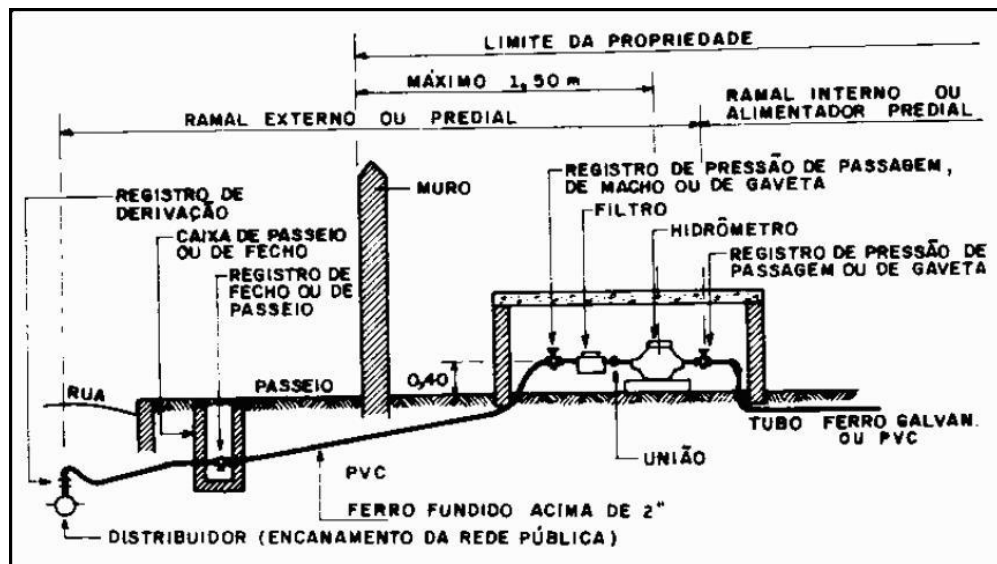
3.2 COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

Para efeitos deste trabalho, o intuito é concentrar-se nas instalações de água fria. Para isto é necessária a definição de alguns dos principais componentes destas instalações, apresentados na figura 2. Conforme Macintyre (2010, p. 2-3), pode-se identificar os seguintes componentes:

- a) o ramal de abastecimento é composto por distribuidor público, ramal predial e alimentador predial;
- b) o distribuidor público é quem alimenta a instalação com água potável proveniente do sistema de abastecimento público;
- c) o ramal predial é o trecho de tubulação que sai do distribuidor público e chega ao cavalete, onde se encontra o hidrômetro geral do prédio;
- e) cavalete é o conjunto de componentes hidráulicos propostos pelas concessionárias com objetivo de posicionar um conjunto com: hidrômetro, registros e filtro, na entrada do sistema hidráulico predial. O cavalete deve ser protegido por uma caixa de alvenaria ou concreto, padronizada pelo órgão municipal responsável;

- d) o alimentador predial é o trecho de tubulação que sai do cavalete e chega até a torneira de boia do reservatório inferior, no caso da existência de sistema de recalque.

Figura 2 – Esquema do ramal de abastecimento



(fonte: MACINTYRE, 2010, p. 2)

Segundo a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 4-6) é possível definir mais itens, como:

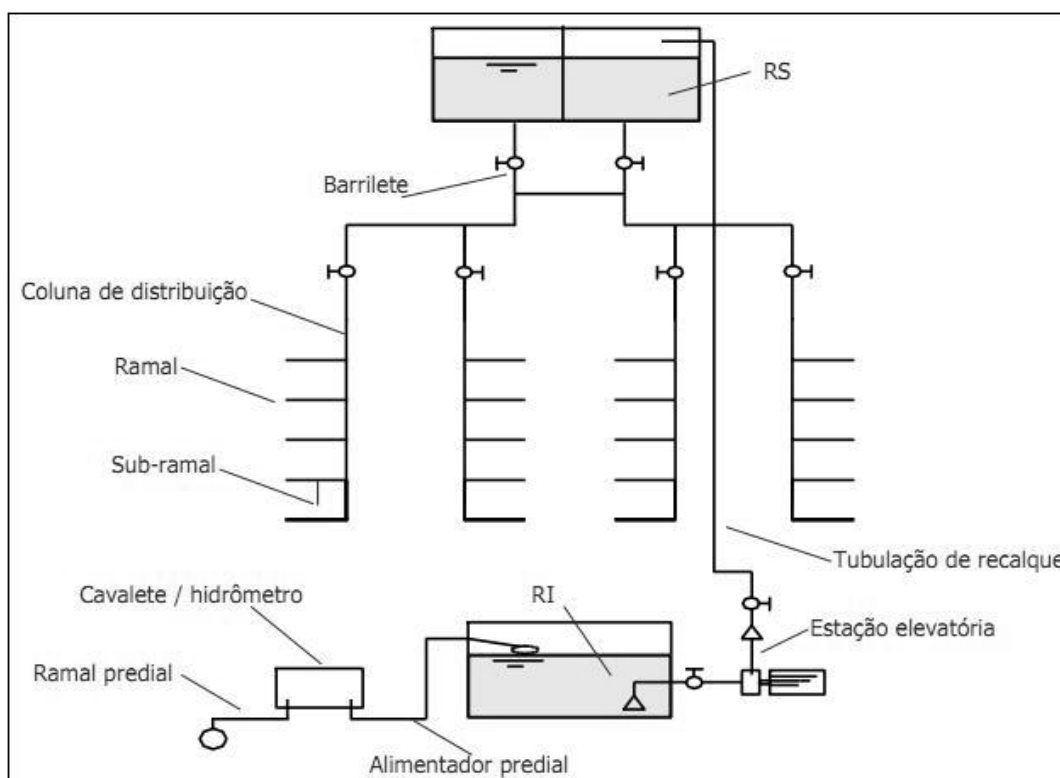
- a) a rede predial de distribuição é definida pela como o “Conjunto de tubulações constituído de barriletes, coluna de distribuição de água fria (CAF), ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos destinados a levar água aos pontos de utilização.”;
- b) o barrilete é definido como sendo a “Tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as CAF, quando o tipo de abastecimento é indireto.”;
- c) a coluna de distribuição de água fria, ou simplesmente coluna de água fria, é o trecho vertical de tubulação que “Derivada do barrilete, é destinada a alimentar ramais.”;
- d) os ramais são os trechos do sistema que partem da CAF e alimentam os sub-ramais;
- e) os sub-ramais são as tubulações que ligam os ramais aos pontos de utilização ou aparelhos sanitários;
- f) tipo de abastecimento é a “Forma como o abastecimento do ponto de utilização é efetuado. Pode ser tanto direto, quando a água provém diretamente da fonte de abastecimento, como indireto, quando a água provém de um reservatório existente no edifício.”;
- g) por aparelho sanitário entende-se o “Componente destinado ao uso da água ou ao recebimento de dejetos líquidos e sólidos [...]”;

- h) duto é o “Espaço fechado projetado para acomodar tubulações de água e componentes em geral, construído de tal forma que o acesso ao seu interior possa ser tanto ao longo de seu comprimento como em pontos específicos, através da remoção de uma ou mais coberturas, sem ocasionar a destruição delas a não ser no caso de coberturas de baixo custo.”;
- i) fonte de abastecimento é o sistema que fornece água à edificação;
- j) ponto de utilização é a “Extremidade a jusante do sub-ramal a partir de onde a água fria passa a ser considerada água servida.”;
- g) vazão de projeto é o “Valor de vazão, adotado para efeito de projeto, no ponto de utilização ou no ponto de suprimento.”.

A figura 3 ilustra melhor esses elementos. Ainda é possível identificar alguns outros componentes não menos importantes, tais como (CARVALHO, 2010):

- a) o reservatório superior ou elevado é o elemento posicionado acima do mais elevado dos pontos de utilização. A água fica armazenada até o momento de sua utilização e compensa variações de vazão e pressão dos ramais de abastecimento e predial;
- b) o hidrômetro é o instrumento destinado a medir e indicar, continuamente, o volume de água que, por ele, passa.

Figura 3 – Componentes da Instalação hidráulica predial



(fonte: GONÇALVES; OLIVEIRA, 2007, p. 13)

3.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO

Conforme citado anteriormente, o sistema de distribuição e abastecimento de água é formado pelo ramal predial, cavalete e alimentador predial. Esses sistemas podem ser classificados como: direto, indireto ou misto. A classificação separa-os quanto à forma que a distribuição de água é feita do ramal de abastecimento para a rede predial (MACINTYRE, 2010, p. 4).

Para os três casos citados, deve-se garantir que a água servida à edificação não retorne à rede de distribuição. Esse fenômeno, conhecido como refluxo, é mais comumente observado em sistemas diretos de distribuição.

3.3.1 Sistema direto de distribuição

No sistema de distribuição direto, a água que passa pelo ramal de abastecimento é levada diretamente para a rede predial (ramais e sub-ramais). Nesse sistema não há necessidade de reservação de água na edificação. Outra característica é que a água deve chegar da rede pública com pressão suficiente para atingir o ponto de consumo ou utilização mais desfavorável da edificação, sem o auxílio de bomba de recalque. Problemas de continuidade na vazão do sistema podem ocorrer se esse parâmetro não estiver de acordo (MACINTYRE, 2010, p. 4).

Essas peculiaridades da distribuição direta fazem com que ela apresente como vantagens, entre outras, uma redução no consumo de energia elétrica e uma redução na estrutura do edifício (devido à falta de reservatório superior). Porém, há também algumas desvantagens, destacando-se a dependência de pressão da rede pública para garantir o fornecimento. Quando da insuficiência do abastecimento público, há imediatamente a ocorrência de falta de água no sistema predial.

3.3.2 Sistema indireto de distribuição

Quando o sistema de distribuição é indireto, a água que sai do ramal de abastecimento passa por um sistema de reservação antes de ser distribuída para a rede predial. Entre as vantagens desse sistema, tem-se: a possibilidade de abastecimento da edificação em locais onde a pressão do sistema público é baixa, não há prejuízo para o usuário em breves períodos quando o abastecimento de água for ineficiente, a rede pública de distribuição trabalha com uma

vazão no seu sistema mais amortecida, se comparada ao sistema direto (MACINTYRE, 2010, p. 4).

Segundo Macintyre (2010, p. 4), dois casos provenientes do sistema de distribuição indireto podem ocorrer, sendo eles:

- a) “A pressão da rede pública é suficiente para abastecer um reservatório de acumulação, que é colocado na parte mais elevada do prédio. A distribuição interna é feita partindo desse reservatório [...]”;
- b) “A pressão da rede pública é insuficiente para abastecer um reservatório elevado.”. Neste caso, utiliza-se um reservatório inferior, que fornece água para um sistema de recalque. A partir daí é possível elevar a água até um reservatório superior que a distribuirá para a rede predial.

3.3.3 Sistema misto de distribuição

Conforme o próprio nome indica, este sistema é uma combinação dos dois sistemas anteriormente apresentados. Na distribuição mista, uma parcela da edificação, normalmente áreas de uso comum, térreas ou de baixa elevação, recebem água diretamente da rede pública, enquanto os demais aparelhos são abastecidos de maneira indireta, com uso de sistema de reservação (MACINTYRE, 2010, p. 7).

3.4 CONTROLE DA VAZÃO EM INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

Para a proposta deste trabalho, é conveniente classificar as edificações quanto ao modo que o controle da água consumida por uma edificação é feito. Os sistemas de Medição Coletiva (MC) e Medição Individualizada (MI) são claramente diferentes e suas peculiaridades refletem nos custos globais de construção, consumo de água, manutenção e operação dos sistemas.

A NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) não aborda qual o método que deve ser empregado no traçado das tubulações, bem como se as instalações hidráulicas prediais devam possuir um sistema de medição coletivo ou individualizado de água. No que diz respeito ao traçado, o engenheiro deve determinar suas linhas de acordo com critérios provenientes de seu conhecimento formal e empírico, levando em conta ainda as interferências com outros sistemas e os aspectos arquitetônicos e estruturais da edificação. No

que se refere ao sistema de medição, atualmente, o sistema de MI vem sendo amplamente utilizado, sendo imposto por leis municipais complementares, decretos, ou ainda, pelo próprio plano diretor das cidades.

A Lei n. 10.506 (PORTO ALEGRE, 2008) instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Em seu art. 7, indica que “As instalações hidrossanitárias dos condomínios deverão ser projetadas e executadas de forma a permitir a medição individualizada.”.

A substituição de um sistema existente com MC para um novo, com MI, necessita de um meticuloso projeto de Engenharia. Muitas vezes esta substituição é feita em edifícios antigos, aumentando as dificuldades técnicas da execução. Carvalho (2010, p. 84-85) aponta que:

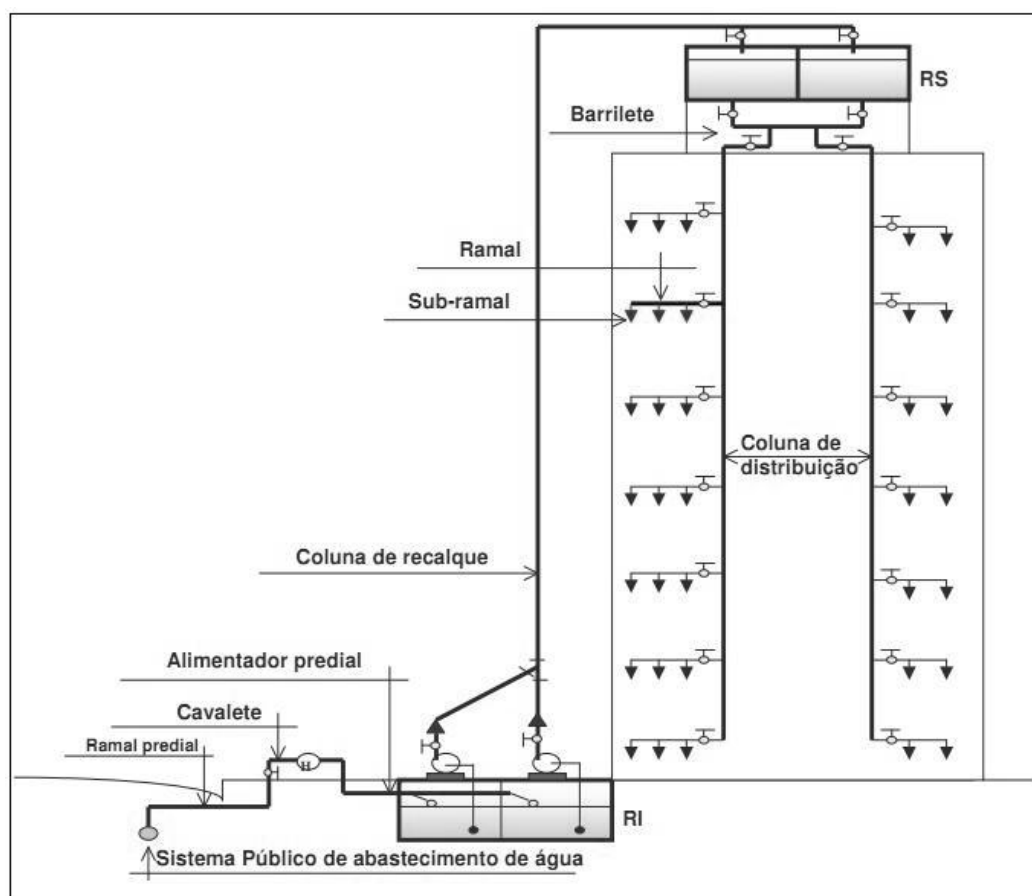
É comum hoje a manutenção de edificações com mais de 30 anos em que são substituídas todas as tubulações por uma nova rede, principalmente nas instalações que foram executadas em ferro. Nestes casos, é imprescindível que ao se executar uma reforma completa na rede hidráulica de uma edificação já seja prevista a instalação de medidores individuais para cada unidade habitacional.

O mesmo autor ressalva que “Tem sido crescente o número de edificações existentes que estão sendo adaptadas para possuir um sistema de MI, e é importante que existam programas que incentivem os condomínios a adaptarem suas instalações [...]” (CARVALHO, 2010, p. 83).

3.4.1 Medição coletiva

As instalações hidráulicas prediais dotadas de um sistema tradicional, com MC, são caracterizadas por possuírem apenas um controle de consumo de água. Este controle é o hidrômetro e fica localizado no cavalete, no ramal de abastecimento. Em sistemas hidráulicos prediais que incorporam esse tipo de medição é comum que a água seja distribuída para regiões hidráulicas similares da edificação (por exemplo, um banheiro em cada pavimento) e não para as unidades independentes, vide exemplo na figura 4. Isto significa que a água sai do sistema de reservação, passando pelo barrilete, descendo pelas CAF que abastecem ramais de diversas unidades. Não sendo possível assim, controlar o consumo de cada unidade habitacional de forma independente.

Figura 4 – Sistema de MC



(fonte: GONÇALVES; OLIVEIRA, 2007, p. 14)

No sistema de MC possui-se apenas um dado global do consumo da edificação. Desta forma, o rateio deste consumo é feito de forma arbitrária. Os usuários não têm a noção clara de quanto consumiram em um período. Essa realidade cria um clima de descaso que inibe ações que proporcionam economia e racionalização do uso da água (YAMADA et al., 2001 p. 12).

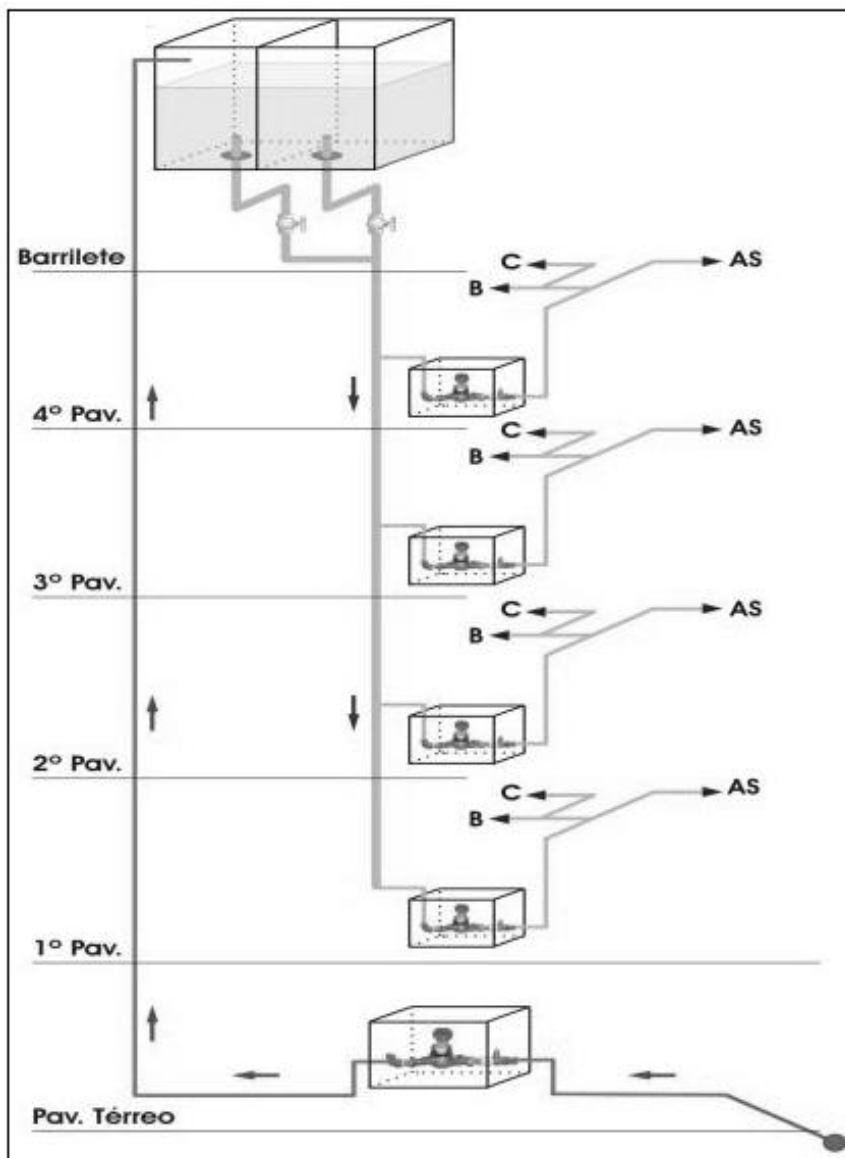
Segundo Carvalho (2010, p. 11), no sistema de MC não há trechos de tubulação que abasteçam totalmente uma unidade habitacional. As CAF abastecem as mesmas regiões de várias unidades sobrepostas, levando água para diferentes pontos de utilização. Isso dificulta a instalação de hidrômetros que possam medir quanto cada unidade consumiu individualmente.

3.4.2 Medição individualizada

Em um sistema hidráulico predial com medição individualizada, há uma setorização no nível das unidades autônomas. Este sistema se diferencia do tradicional sistema de MC porque, ao invés de ser dotado de colunas verticais que abastecem áreas hidráulicas sobrepostas da

edificação, ele é formado por colunas verticais que abastecem trechos horizontais independentes para cada unidade (CARVALHO, 2010, p. 13). Para ilustrar o sistema, segue a figura 5.

Figura 5 – Sistema de MI



(fonte: GONÇALVES; OLIVEIRA, 2007, p. 16)

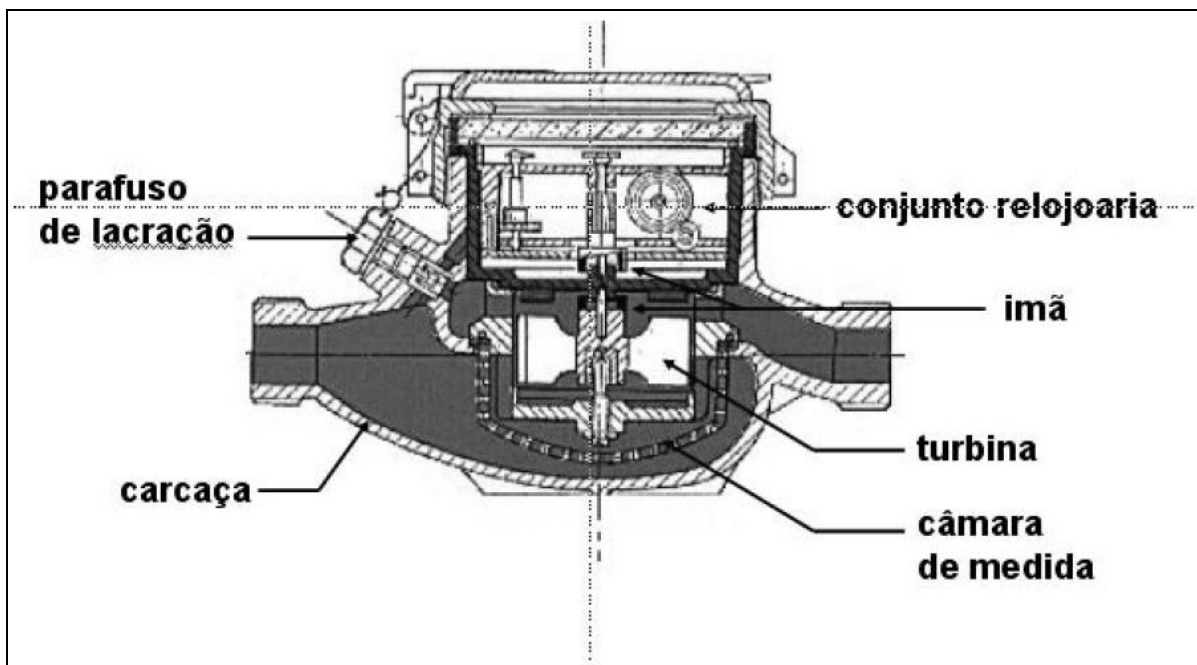
Da saída das colunas verticais até a entrada do ramal na unidade autônoma, instala-se o ponto de controle, com hidrômetros que viabilizarão a leitura individualizada do consumo. Assim, passam a ser necessários, com o uso deste sistema, espaços específicos na área comum da edificação para a locação dos hidrômetros (CARVALHO, 2010, p. 12).

Segundo Tamaki (2003, p. 64), um sistema de MI atinge seus objetivos quando proporciona ao usuário o acompanhamento e controle do consumo de água. Dessa forma torna-se possível a minimização do consumo e de perdas de água, possibilitando uma cobrança diretamente proporcional ao consumo do usuário.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS HIDRÔMETROS

Existem diversas opções de hidrômetros no mercado. Quanto ao modo que estes controlam o volume, pode-se citar como exemplos os velocimétricos e os volumétricos. Os primeiros medem o volume de água de forma indireta, baseados no número de revoluções de um dispositivo interno composto basicamente por uma hélice calibrada. Já os volumétricos possuem um êmbolo no seu interior que, por diferença de pressão, rotaciona no interior do aparelho; pelo número de rotações é possível calcular o volume de água que passou. A figura 6 mostra um corte transversal de um hidrômetro, sendo possível ver seus principais componentes (CARVALHO, 2010, p. 25-26).

Figura 6 – Hidômetro



(fonte: GONÇALVES; OLIVEIRA, 2007, p. 16)

Segundo o mesmo autor, apesar dos hidrômetros velocimétricos serem os mais utilizados atualmente, os volumétricos garantem melhor controle de consumo no caso de funcionamento

a baixas vazões. É importante destacar que a qualidade dos hidrômetros nas instalações com MI é fator de alta relevância na medição de consumo. Pela falta de reservatório à jusante dos controles, as vazões que passam pelos hidrômetros são muito variáveis. Um exemplo desta afirmação é a diferença de vazão nas unidades no horário de pico e à noite. Nesse cenário o mesmo hidrômetro deve ser capaz de medir o volume de água quando vários pontos de utilização solicitam água ao mesmo tempo e momentos depois a vazão pode ser muito baixa ou igual a zero (CARVALHO, 2010).

Assim, é importante o correto dimensionamento dos hidrômetros e, posteriormente, a aquisição de hidrômetros de qualidade para as instalações, a fim de mitigar erros de medição, comprometendo o rateio do consumo das unidades da edificação. No caso de hidrômetros dotados de sistema de medição remota, as mesmas características são válidas, visto que os sistemas de controle de volume dos hidrômetros e suas limitações são as mesmas (CARVALHO, 2010).

O dimensionamento dos hidrômetros em um sistema com MI está diretamente ligado à correta projeção dos limites de vazão que a instalação hidráulica irá impor a esses. Todo hidrômetro deve ser dimensionado respeitando-se as vazões de trabalho para as quais ele foi produzido. O funcionamento do equipamento fora destas faixas resultará em erros significativos na medição do volume de água (TAMAKI, 2003). Na prática, os hidrômetros mais utilizados possuem vazão nominal de 1,50 a 2,5 m³/h. Deve-se ter cautela na utilização desses equipamentos porque, para vazões nesta faixa, muitos fabricantes os disponibilizam apenas com diâmetros inferiores a 25,4 mm (CARVALHO, 2010 p. 54).

3.6 SUBSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE MC POR UM DE MI

A substituição de sistemas de medição está relacionada a uma intervenção na instalação predial de água existente. Esta intervenção passa por um projeto e posterior adaptação da estrutura existente para o novo sistema. As tecnologias dos sistemas de medição atuais fazem com que, para a substituição de um sistema com MC por um com MI, seja necessária uma reforma em pontos da edificação. Pode-se salientar que, após a substituição dos sistemas, as condições da estrutura e desempenho das instalações, não só as hidráulicas, bem como as elétricas, de gás, etc., devem continuar preenchendo todos os requisitos das normas brasileiras de interesse.

Segundo Tamaki (2003, p. 66), para projetar e executar corretamente a substituição de um sistema por outro é importante analisar o contexto e caracterizar a situação existente. Aspectos físicos, administrativos e de utilização das instalações existentes devem ser considerados para que o novo sistema alcance os objetivos esperados.

Ainda, segundo o autor, por aspectos físicos entendem-se as concepções do sistema como um todo. Ou seja, as decisões de Engenharia que foram tomadas para projetar as instalações hidráulicas prediais. Outro aspecto físico são condições de conservação em que se encontram os materiais que compõem a instalação. No momento que o novo sistema é implantado, deve-se refletir sobre os componentes que serão reaproveitados, substituídos, descartados ou desconsiderados para o novo sistema.

Esses aspectos também estão relacionados com a conscientização e esclarecimento de dúvidas dos usuários perante o novo sistema. Quanto à utilização, é possível citar a importância do demonstrativo de consumo e criação de indicadores para controle do consumo pelo usuário (TAMAKI, 2003, p. 67).

O mesmo autor ressalta que, após a fase das definições de projeto, inicia-se um estudo criterioso para planejar a realização da substituição dos sistemas. Nesta fase, é importante reunir algumas informações das instalações existentes, bem como: os projetos hidráulicos, a verificação da correspondência destes projetos com a realidade, a área da edificação, os reservatórios e sistema de recalque, o tipo de ocupação das unidades autônomas da edificação e levantamento de dados que farão referência ao consumo de água (TAMAKI, 2003, p. 68).

É necessário ressaltar a importância de uma metodologia científica para sistematizar as etapas de concepção e projeto de um sistema hidráulico predial. Outras medidas tais como, a coleta de informações perante os usuários da edificação e a formalização dos procedimentos adotados, não podem ser descartadas de um projeto tecnicamente sofisticado. Salienta-se que a qualidade do projeto está diretamente ligada ao custo final das obras civis (OLIVEIRA; FREITAS, 1997).

Assim, de acordo com as características identificadas é possível determinar os materiais que serão utilizados, qual a tecnologia empregada para medição do sistema e os hidrômetros com desempenho apropriado. Sequencialmente, com base nos dados obtidos, dimensiona-se o novo sistema com a MI obtendo-se o projeto da instalação hidráulica (TAMAKI, 2003, p. 68).

3.7 DIRETRIZES DE PROJETO

Na elaboração de um projeto de Engenharia, diretrizes, pré-requisitos e outras condições sempre são necessárias para servirem como base de um correto dimensionamento. As instalações hidráulicas de água fria, segundo a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 18), devem atender os seguintes requisitos mínimos:

- a) preservar a potabilidade da água;
- b) garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) promover economia de água e de energia;
- d) possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- f) proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo às demais exigências do usuário.

A Lei Complementar n. 622 (PORTO ALEGRE, 2009) responsabiliza o empreendedor quanto ao projeto e execução das instalações hidráulicas segundo as normas brasileiras, legislações ambientais e sanitárias, sendo responsabilidade dos condôminos a aquisição, instalação e manutenção dos medidores necessários para o sistema individualizado. O rateio da cobrança do consumo também fica a cargo do condomínio, sendo o Departamento Municipal de Água e Esgotos responsável apenas pela leitura, emissão e a entrega de uma única conta relativa ao ramal predial.

O Decreto n. 9.369 (PORTO ALEGRE, 1988), estabelece normas para as instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Esse recomenda, em seu art. 23, que os reservatórios devem ser dimensionados para corresponder ao consumo diário total da edificação. Sendo que é possível a combinação de um reservatório inferior com um superior dividindo o volume mínimo necessário entre estes. Isso com 40 a 60% do volume de reserva permanecendo no reservatório inferior. No caso de reservatório com mais de 6 m³, esse deve ser dividido em 2 compartimentos.

O mesmo artigo determina que os acessórios que devem equipar os reservatórios são os seguintes:

- a) tampa de inspeção;
- b) canalização extravazora;
- c) canalização de aviso;
- d) canalização de expurgo;
- e) canalização de ventilação.

Existe na bibliografia uma série de referências quanto à disposição das instalações hidráulicas prediais de água fria. Além do referencial bibliográfico, é importante que a legislação da localidade onde a edificação está construída seja cumprida.

O Decreto n. 9.369 (PORTO ALEGRE, 1988), em seu art. 43, define também que, para efeitos de cálculo, deve ser considerado um consumo de água diário de 200 litros por habitante. O mesmo decreto, em seu art. 44, determina os valores mínimos para o cálculo da estimativa da população atendida. A população é calculada somando-se o número de habitantes por dormitório da edificação como um todo. São considerados 02 habitantes por dormitório com até 12,00 m² e 03 habitantes por dormitório maior que 12,00 m².

Quanto ao local de instalação dos hidrômetros, a Instrução de Trabalho n. 150 (PORTO ALEGRE, 2009, p. 4) demanda que hidrômetros não devem ser instalados nos seguintes locais:

- a) insalubres;
- b) sem iluminação;
- c) altura inferior a 1,60 m;
- d) com acesso apenas por escadas móveis;
- e) ou que não ofereçam segurança para o acesso com ferramentas e equipamentos de manutenção.

A mesma Instrução de Trabalho ressalta que se deve instalar o hidrômetro à jusante do reservatório superior em edificações com mais de 10 m de altura. Este procedimento evita a geração de grandes perdas de carga no trecho do cavalete que poderiam comprometer a elevação da água até o reservatório. Para a devida proteção dos hidrômetros, estes devem ser

instalados sob abrigos com porta com fechadura, porém possibilitando sua leitura externamente ao abrigo (PORTO ALEGRE, 2009, p. 4).

Segundo Carvalho (2010, p. 47), instalar um grupo de hidrômetros por pavimento, a fim de medir o volume de água consumido pelas unidades deste pavimento, é a solução mais utilizada atualmente. Para isto é preciso que haja um espaço específico na área de uso comum da edificação para o posicionamento do conjunto de medidores.

Uma alternativa a esse método seria instalar mais de um hidrômetro para a mesma unidade. Esta alternativa acarreta uma intervenção mais aguda na estrutura física da edificação e obriga o uso de medição remota dos hidrômetros para tornar-se viável. Logo, deve ser evitada. Em edificações antigas, há a possibilidade das tubulações serem de ferro fundido ou outros materiais. Na ocorrência deste fato deve procurar intervir em toda a instalação hidráulica, substituindo-se seus componentes por materiais modernos, prevendo-se um sistema com MI (CARVALHO, 2010, p. 84-85).

Outra peculiaridade importante no projeto hidráulico é o correto dimensionamento dos ramais e sub-ramais de distribuição. As características desses trechos influem diretamente nas pressões das vazões à jusante desses. Por isso Carvalho (2010, p. 84) destaca que, para os trechos dos ramais e sub-ramais internos:

[...] deverão ser estudados de forma a causar o menor impacto nos ambientes e na estrutura da edificação. A instalação interna das áreas hidráulicas poderá, na maioria dos casos, ser aproveitada, sendo necessária a identificação do ponto de alimentação de cada área hidráulica a partir de sua coluna de abastecimento para que seja possível a desconexão neste trecho e interligação ao novo barrilete.

Além disso, se os hidrômetros utilizados na setorização da medição possuírem capacidade de vazão muito restrita, fica impossibilitado o uso de válvulas de descarga nas bacias sanitárias. A solução de projeto para estes casos é a substituição das bacias pelo modelo com caixa acoplada visto que estas não solicitam drasticamente o sistema hidráulico (CARVALHO, 2010, p. 12).

Ainda segundo a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 13), deve-se tomar o cuidado para que não haja instalações de água potável enterradas em solos contaminados. Os trechos também não devem passar por: “Caixas de inspeção, poços de visita, fossas, sumidouros, valas de infiltração, coletores de esgoto

sanitário ou pluvial, tanque séptico [...]”. Para maior segurança à preservação da potabilidade da água é recomendável que “Os fabricantes assegurem a conformidade de seus produtos com as normas específicas [...]”.

Quanto ao dimensionamento das tubulações, deve-se projetar o sistema de forma a respeitar os parâmetros estipulados pela NBR 5626. Enquanto às pressões, em condições estáticas, ou seja, sem escoamento, para nenhum dos trechos de tubulação devem ser observadas pressões superiores a 40 mca. Na avaliação dinâmica, ou seja, quando há escoamento no sistema, nenhum ponto de utilização deve apresentar pressão inferior a 1 mca, com exceção da caixa de descarga, que apresenta valor mínimo de 0,50 mca. Nos trechos da rede de distribuição, nenhum ponto deve ter pressão dinâmica inferior a 0,50 mca. No que se refere às velocidades, em qualquer um dos trechos do sistema de distribuição, essa deverá ser inferior a 3 m/s ou valor dado por 14 vezes a raiz quadrada do diâmetro da tubulação expressado em metros.

Além da pressão e da velocidade, outra variável a ser considerada no dimensionamento das tubulações é a perda de carga. Esse parâmetro depende do comprimento do trecho de tubulação, de seu diâmetro interno, das singularidades existentes no trecho e da vazão propagada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 10-29).

3.8 COMPARATIVOS DE CUSTOS

É necessário que se tenha a devida cautela quando da avaliação dos dados que comparam os custos levados em consideração no trabalho. No âmbito dos custos de construção, fica claro que no sistema de MI, esse custo é mais significativo devido ao sistema exigir maior extensão de tubulações, maior ocupação do espaço físico da edificação e um número elevado de hidrômetros. Este fato se repete no que tange os custos de manutenção, considerando estes proporcionais ao porte da instalação.

No que se refere aos custos com o consumo de água, as instalações com MI apresentam menores valores se comparadas às instalações com MC. Segundo Yamada et al. (2001), apesar do sistema de MI conscientizar o usuário quanto ao seu consumo, levando-o à adoção de medidas economizadoras de água no seu dia-a-dia, os dados são estatísticos e dependem de uma série de fatores para poderem ser considerados válidos em demais localidades. Exemplos desses fatores são: culturais, ambientais e socioeconômicos.

Yamada et al. (2001, p. 2) afirma que a vantagem que a MI tem sobre a MC no que se refere à manutenção das edificações é que, devido ao maior número de pontos de controle, ou seja, hidrômetros, vazamentos decorrentes de falhas no sistema, podem ser mais bem avaliados. A detecção de vazamentos em um sistema com MI é mais ágil e eficiente devido ao monitoramento aprimorado do consumo de água. Estes fatores influem diretamente nos custos de consumo do sistema.

Estudos realizados em um conjunto habitacional localizado no município de Guarulhos avaliaram a diferença no consumo de água para os dois modos de medição. Este conjunto habitacional é formado por 32 edifícios com MI e 48 edifícios com MC. Nos dois casos o sistema de distribuição é direto. Ressalta-se que estes 80 edifícios são idênticos entre si no que se refere à área construída, número de unidades, projeto arquitetônico e ao padrão de acabamento. Cada edifício possui 60 apartamentos locados em 3 pavimentos. A classe social e poder aquisitivo dos moradores do conjunto habitacional são semelhantes. Neste contexto, o autor observou um consumo de água de 16,6% menor em edificações nas quais a instalação tinha MI. Para o consumo *per capita* nos sistemas com MC, o autor considerou a média do consumo perante o número de habitantes da edificação (YAMADA et al., 2001).

Schmidt (2010, p. 40), cita uma redução de 24,6% na implementação de programa do Departamento Municipal de Água e Esgotos da cidade de Porto Alegre, que instalou um sistema de medição individualizada de água em um conjunto habitacional no ano de 2009. Nesse caso a MI foi instalada em 1232 apartamentos e 4 unidades comerciais, beneficiando mais de 5000 moradores.

Malan e Crabtree¹ (1987 apud OLIVEIRA, 1999, p. 69), em suas pesquisas sobre o diferencial de consumo entre os sistemas de medição, chegaram a resultados que demonstram a MI com uma redução de 20 a 30% em relação à MC. As edificações estudadas eram do tipo residencial com abastecimento indireto e reservatório superior, na cidade de Petrória na África do Sul, e com sistema de abastecimento direto na cidade de Londres, Inglaterra.

Vale ressaltar que, segundo Chan² (1997 apud YAMADA et al., 2001, p. 2), mesmo após a implementação de um sistema de MI sobre um com MC, ao longo do tempo os consumidores

¹ MALAN, G. J; CRABTREE, P. R. The effects of individual meters on the water consumption in apartment buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1982. Pretória. **Proceedings....** Não paginado.

² CHAN, W.S. **Demand management: water supply.** 1st ed. Hong-Kong: Blackwell Science, 1997.

podem voltar a consumir no mesmo patamar anterior. A simples troca de modelo de medição da água distribuída não garante a redução no consumo. Ações de educação e conscientização pelo correto uso da água devem ser usuais.

Aspectos que se referem à administração do sistema de MI têm que ser avaliados. Dependendo do tipo de tecnologia empregada no novo sistema, estes custos não poderão ser descartados. Em condomínios com edificações de grande porte e compostos por vários blocos pode-se considerar a adoção de um sistema de medição remota, por exemplo. Assim, os dados de consumo são facilmente acessados pelo administrador do condomínio evitando o aumento de despesas na contratação de funcionário específico para o controle do consumo. Segundo Carvalho (2010, p. 39), o sistema de leitura visual é tipicamente aconselhável em edificações que possuam até quatro pavimentos e 16 unidades autônomas de consumo. Entretanto estes valores representam um indicativo e a adoção dependerá da facilidade de executar a leitura visual por parte da pessoa responsável.

3.9 PRÓ-HIDRÁULICA

O *software* empregado no dimensionamento das instalações hidráulicas neste trabalho é o Pró-Hidráulica, versão 8.0, desenvolvido pela empresa Multiplus. Trata-se de um programa computacional para dimensionamento das instalações hidráulicas de: água fria, água quente, esgotamento sanitário, águas pluviais, combate a incêndio, gás natural e gás liquefeito de petróleo. O módulo deste programa que será utilizado é o de instalações de água fria, sendo uma extensão de ferramentas tipo *computer aided designer* (CAD) exclusiva da empresa desenvolvedora do programa (MULTIPLUS, [2011a]).

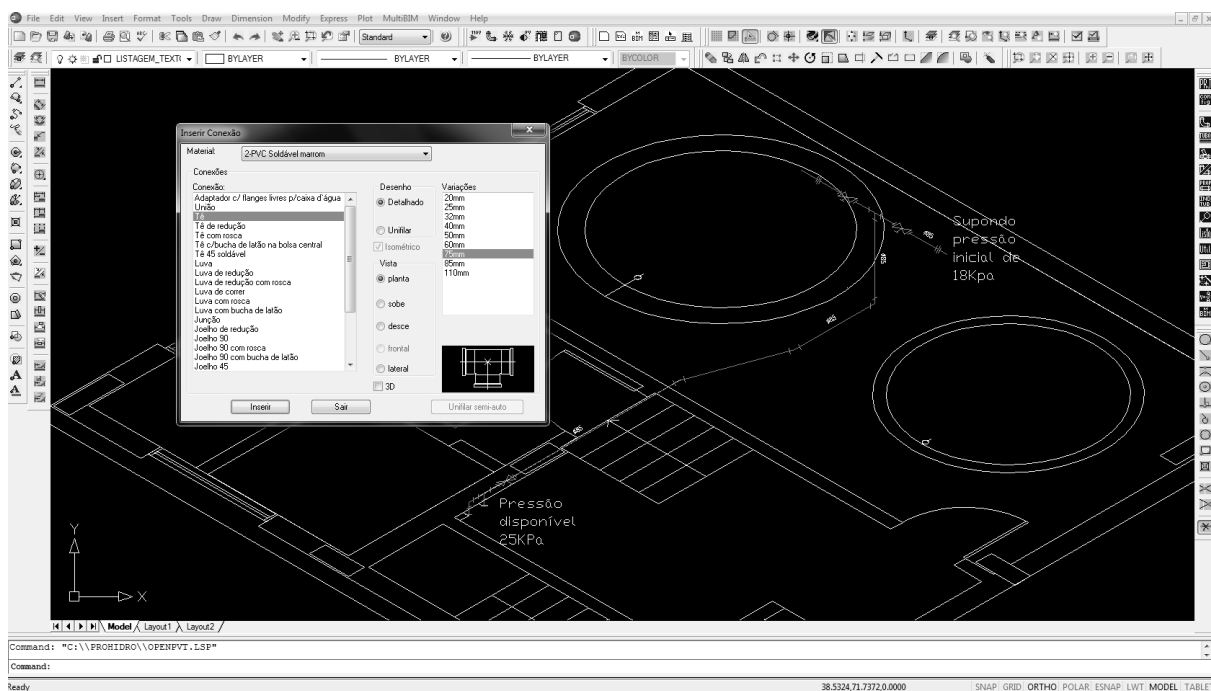
Ainda segundo a empresa Multiplus ([2011a]), o módulo do programa dimensiona as instalações fornecendo as seguintes respostas ao modelo nele introduzido:

- a) a planilha de pressões sugerida como modelo de cálculo pela NBR 5626/1998 em formato eletrônico com os detalhes dos trechos de tubulação e pressões disponíveis à montante e jusante dos trechos;
- b) os desenhos isométricos unifilares das regiões hidráulicas existentes;
- c) a listagem dos materiais que são utilizados para a execução do projeto hidráulico;
- d) memorial de cálculo do dimensionamento executado.

Com o objetivo de verificar o desempenho do *software Pró-Hidráulica*, foram realizadas uma série de testes. Para isso, foram dimensionadas algumas instalações de água fria manualmente, com o auxílio de uma planilha eletrônica, seguindo o procedimento indicado na respectiva norma. Os resultados obtidos foram, posteriormente, comparados com resultados do Pró-Hidráulica os quais se apresentaram exatamente iguais em todos os casos. Verificada a confiabilidade do programa, este foi utilizado com segurança no dimensionamento dos sistemas estudados.

É de grande importância para esse trabalho a plena compreensão do funcionamento do software utilizado, bem como suas ferramentas. A planilha de pressões possibilita o calculista do projeto, interpretar os dados de forma coerente, visualizando os trechos de tubulação, bem como as pressões, a velocidade e sua perda de carga. As diretrizes do Pró-Hidráulica, bem como seus resultados, estão de acordo com a NBR 5626/1998. A visualização unifilar do projeto hidráulico serve de auxílio na leitura dos traçados. Sendo uma boa ferramenta na análise da compatibilidade da rede hidráulica com as demais instalações prediais. A figura 7 mostra a interface do programa, nesse caso, no dimensionamento das colunas de água fria no sistema de medição individualizada.

Figura 7 – Interface do Pró-Hidráulica



(fonte: elaborada pelo autor)

4 PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Neste capítulo, são apresentados os dados de entrada relevantes para o projeto das instalações hidráulicas do prédio analisado. Também é de importância para o trabalho, a apresentação de um memorial de cálculo resumido, bem como os quantitativos de material para os diferentes modelos de distribuição avaliados.

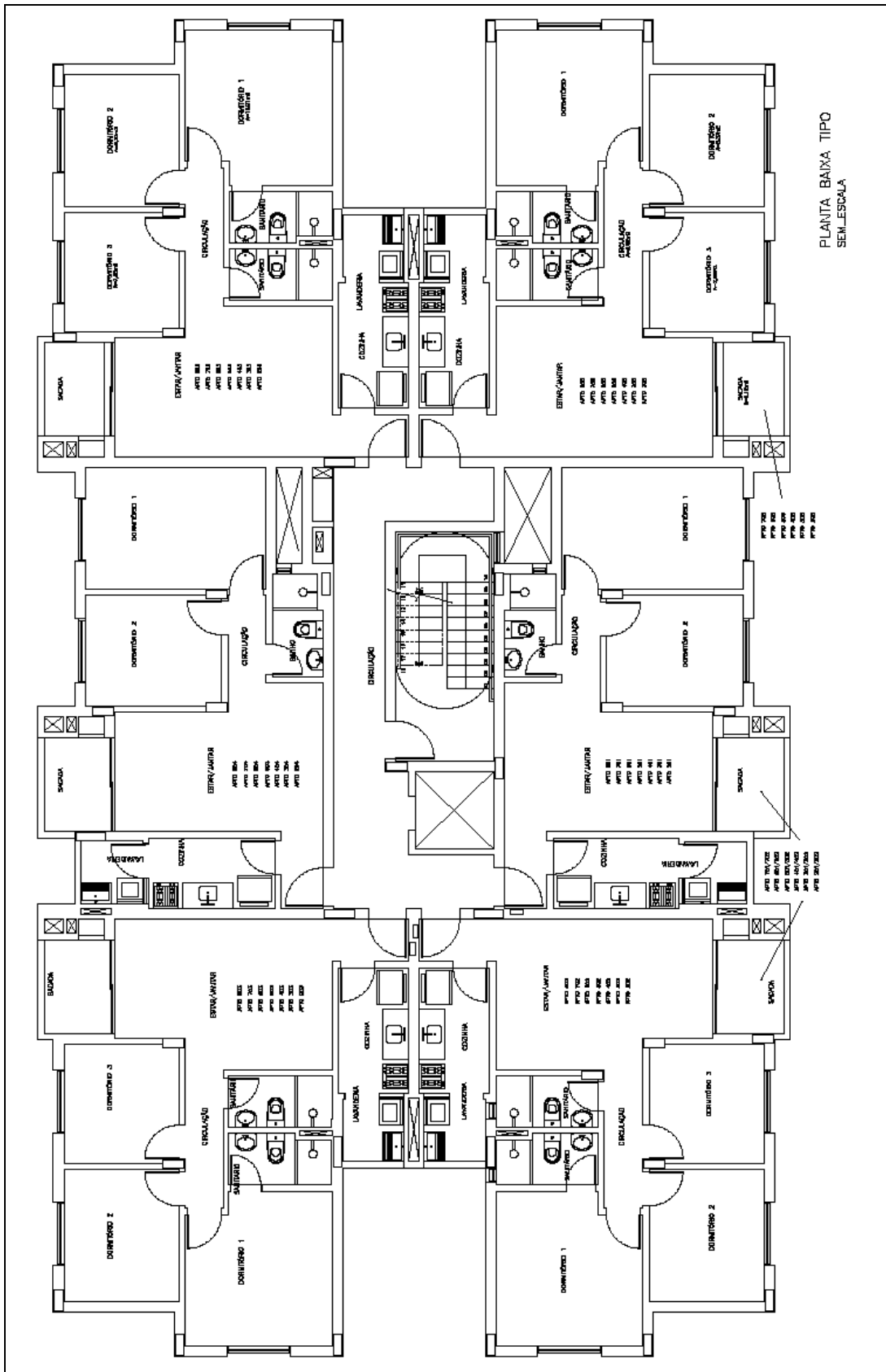
4.1 PROJETO DA INSTALAÇÃO COM MC

No sistema de distribuição coletiva foi analisado o projeto original da edificação. No caso, foram identificadas as diferentes partes constituintes da instalação de água fria. Após, foi levantado a quantidade de material utilizado na execução dessa instalação. A figura 8 apresenta a planta baixa do prédio estudado.

O projeto do subsistema de distribuição interna de uma instalação predial de água fria com MC é composto por: barrilete, CAF, ramais e sub-ramais. No caso do edifício estudado, o pavimento de cobertura comporta o sistema de reservação de onde inicia o barrilete. Esse fornece água às dez CAF que, posteriormente, abastecem os ramais e sub-ramais das unidades.

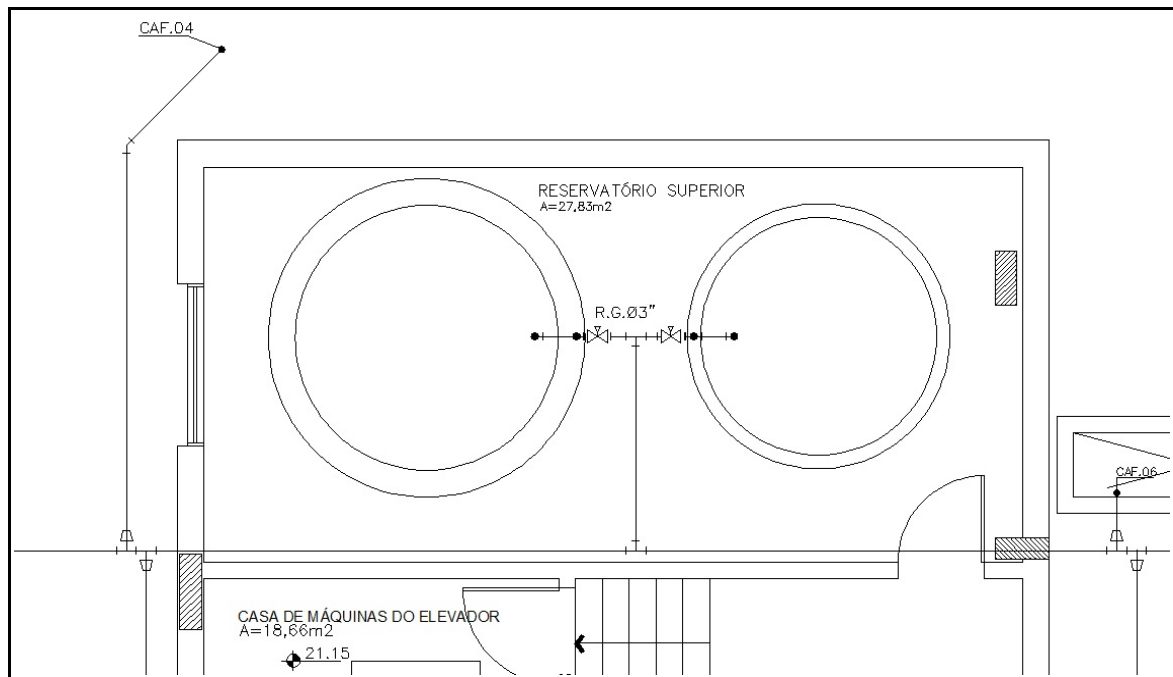
Pela figura 9, é possível observar que o barrilete inicia na saída dos reservatórios superiores. Interligando os reservatórios entre si e com as dez CAF já mencionadas. A tubulação é formada basicamente por tubos de 85 mm de diâmetro nominal. A cota dos reservatórios encontra-se a 20,85 metros. Nota-se também na figura, a composição de dois dos seis registros gaveta de 3 polegadas presentes no barrilete. Essas peças tem a finalidade de facilitar manobras de manutenção no sistema, como por exemplo, impedindo ou permitindo a passagem de água durante a limpeza dos reservatórios.

Figura 8 – Planta baixa da edificação



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 9 – Detalhe do barrilete para MC

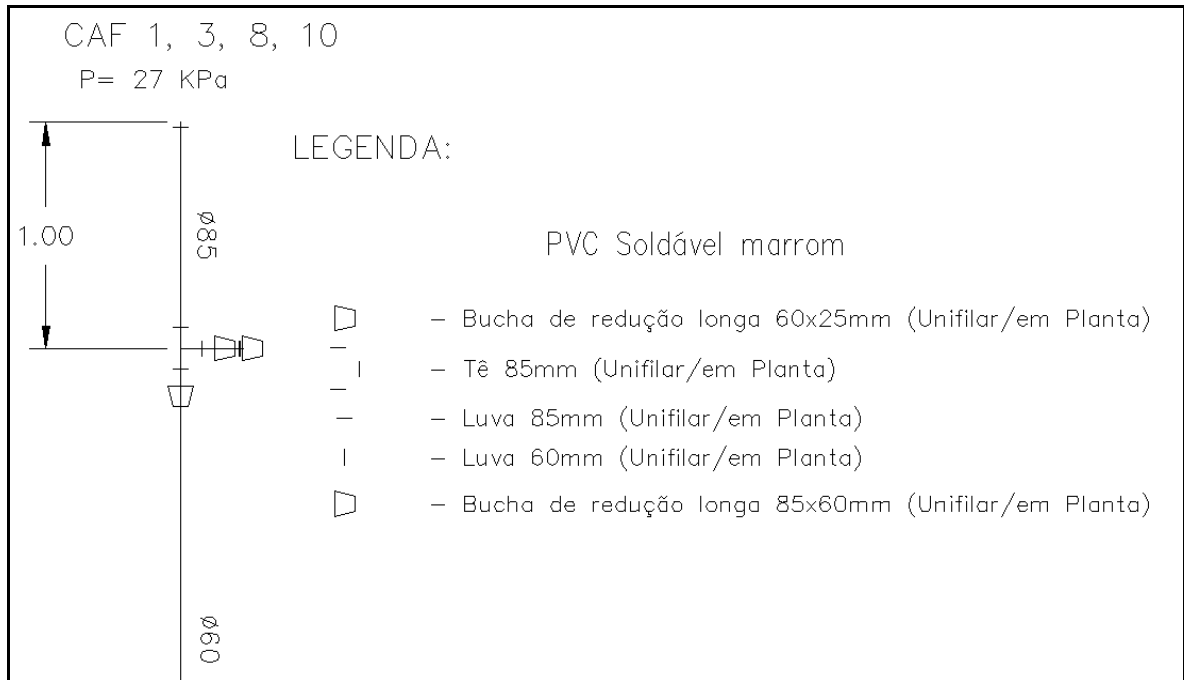


(fonte: elaborada pelo autor)

Devido ao fato da geometria da edificação apresentar simetria, identificam-se áreas hidráulicas semelhantes. Como neste caso houve uma grande aproximação entre as pressões disponíveis e as vazões no início das CAF, o diâmetro das tubulações são idênticos nos seguintes casos: CAF1, CAF3, CAF8 e CAF 10; CAF2 e CAF9; CAF4 e CAF5; CAF6 e CAF7. Esses detalhes podem ser observados na figura 10. Ao longo da tubulação o diâmetro foi gradualmente reduzido, conforme a necessidade, devido ao aumento da pressão disponível para os ramais e a diminuição das vazões ao longo das CAF.

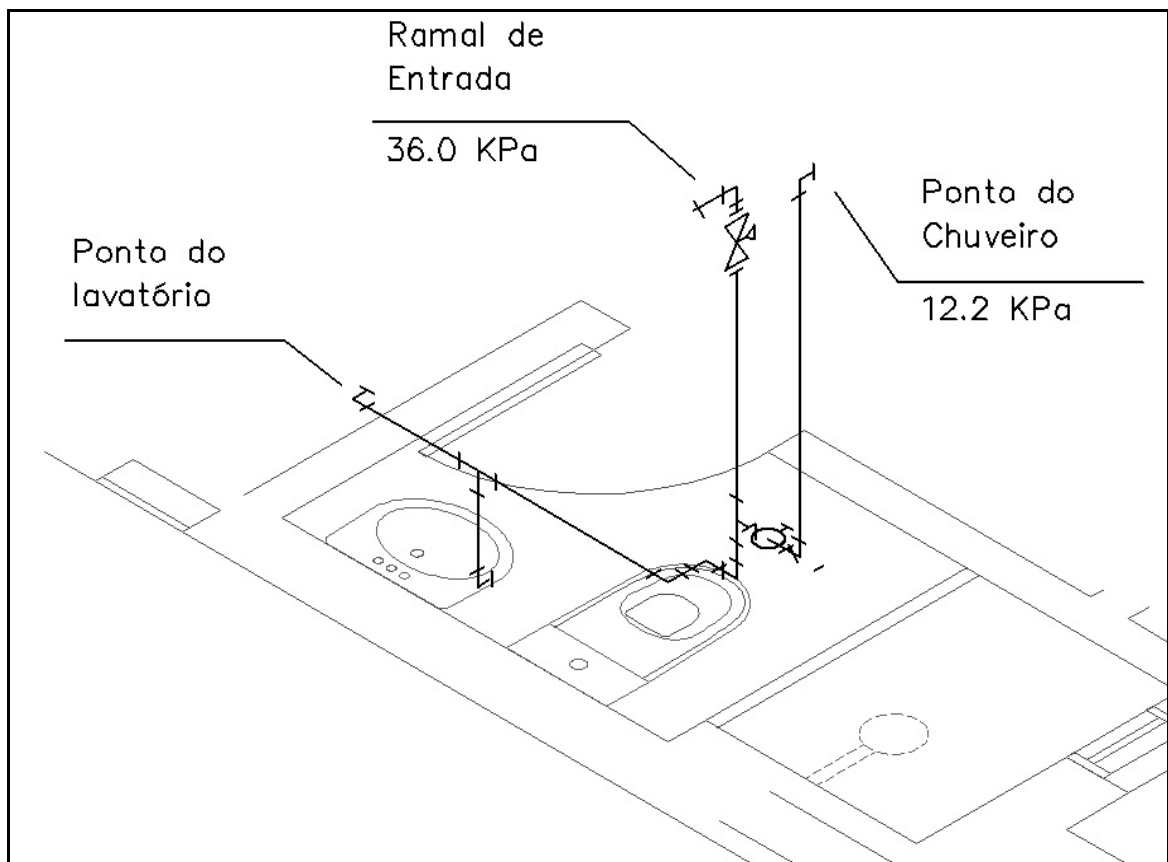
Os ramais e sub-ramais das diferentes regiões hidráulicas, repetem-se quanto ao traçado, porém seus diâmetros variam de acordo com a pressão disponível na entrada desses sistemas. Na figura 11, referente ao banheiro do sétimo pavimento, tem-se o detalhamento da instalação, incluindo os diâmetros dos tubos.

Figura 10 – Detalhe de CAF para MC



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 11 – Detalhe dos ramais e sub-ramais para MC



(fonte: elaborada pelo autor)

A quantidade de material utilizada na instalação do sistema hidráulico com MC foi calculada, segundo o projeto respectivo. Esse quantitativo fornece o comprimento das tubulações utilizadas e suas peças especiais. Segue o quadro 1 com as informações citadas.

Quadro 1 – Quantitativo de material para MC

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
24,3	20mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
59,3	25mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
24,6	32mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
0,8	50mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
2,6	60mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
1	75mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
10	85mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
322	20mm	Joelho 90
270	25mm	Joelho 90
6	32mm	Joelho 90
112	20mm	Tê
144	25mm	Tê
30	32mm	Tê
4	50mm	Tê
16	85mm	Tê
16	32mmx25mm	Tê de redução
28	25mm	Luva
36	32mm	Luva
6	60mm	Luva
6	75mm	Luva
14	85mm	Luva

continua

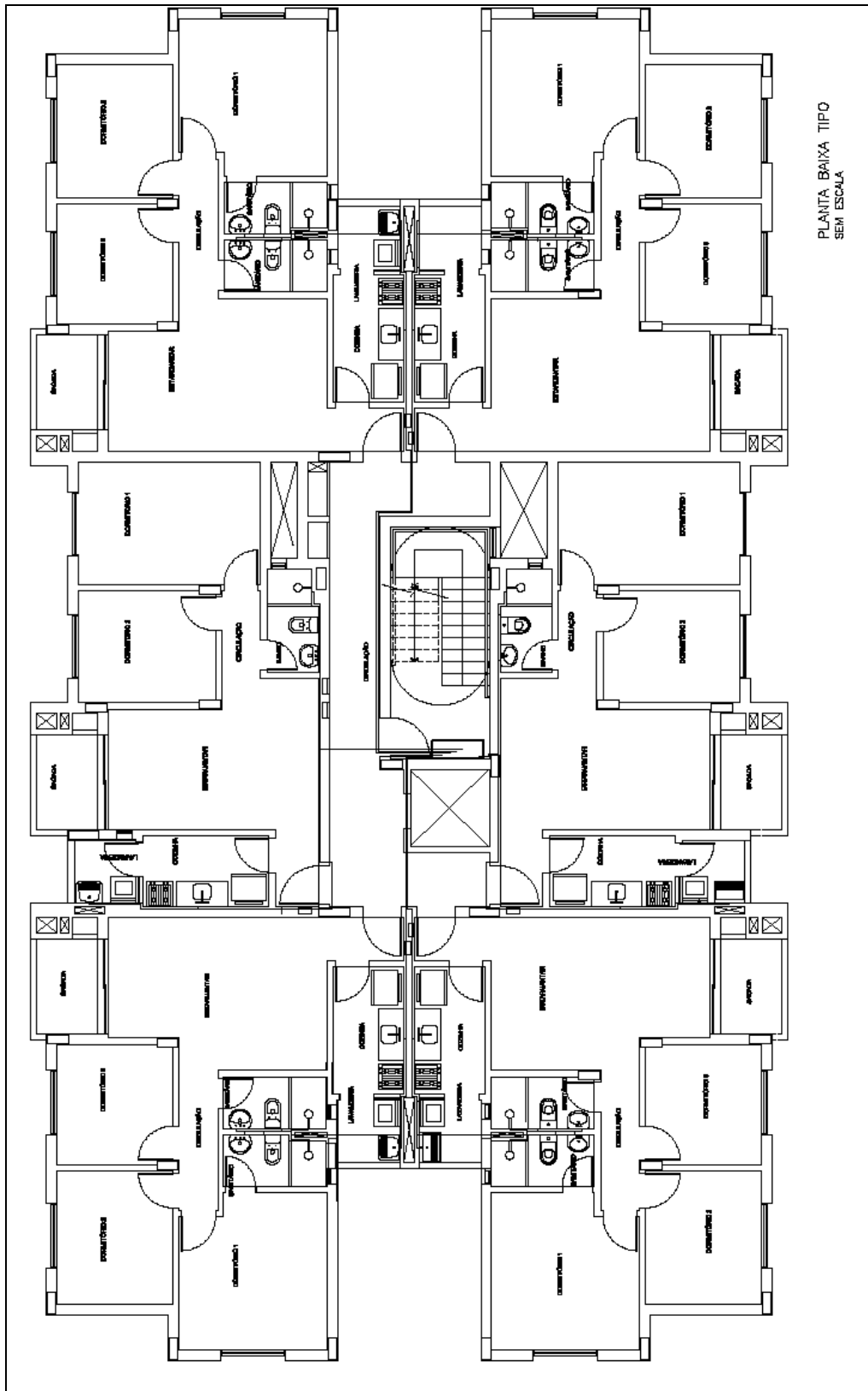
QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
14	20mm	Luva de redução
42	25mmx20mm	Luva de redução
28	32mmx25mm	Luva de redução
2	85mmx75mm	Bucha de redução curta
4	50mmx25mm	Bucha de redução longa
4	50mmx32mm	Bucha de redução longa
4	60mmx25mm	Bucha de redução longa
6	60mmx32mm	Bucha de redução longa
4	75mmx50mm	Bucha de redução longa
12	85mmx60mm	Bucha de redução longa
4	85mmx1"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
8	85mmx3"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx3"	Adaptador longo c/flanges livres-cx,d`água
70	3/4"	Tê misturador
14	1/2"	Registro de Pressão
56	3/4"	Registro de Pressão
56	1/2"	Registro de Gaveta base
28	3/4"	Registro de Gaveta base
6	3"	Registro de Gaveta bruto

(fonte: elaborado pelo autor)

4.2 PROJETO DA INSTALAÇÃO COM MI

O projeto das instalações hidráulicas, com o sistema de MI, foi feito com base no projeto arquitetônico, levando-se em consideração as disponibilidades de área e posição das tubulações necessárias para um projeto desse gênero. Conceitualmente, pensou-se num sistema formado por: um barrilete, duas CAF, caixa de hidrômetros para controle da vazão em cada pavimento tipo, ramais e sub-ramais para cada unidade. A planta tipo do prédio, para o sistema de distribuição no projeto com MI, é apresentado na figura 12. Demais detalhes do dimensionamento podem ser observados no Apêndice A.

Figura 12 – Traçado da tubulação com MI

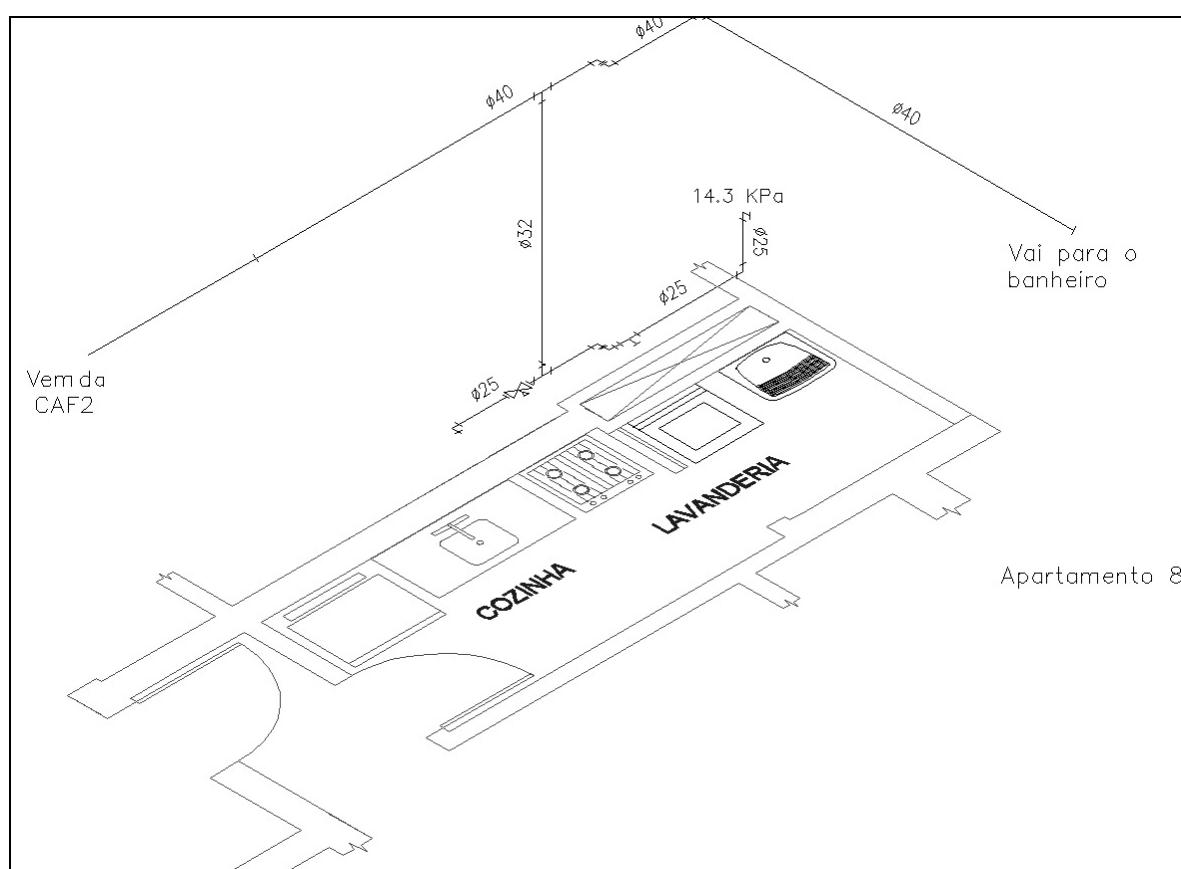


PLANTA BAIXA TIPO
SEM ESCALA

(fonte: elaborado pelo autor)

O barrilete foi dimensionado, a fim de suprir o fornecimento de água para as duas CAF. Nesse caso foi determinado como decisão de projeto que cada CAF abasteceria metade da edificação, ou seja, três unidades por pavimento tipo. Adotou-se um espaço adequado, na área comum dos pavimentos, para locação dos hidrômetros que medirão o consumo individual das unidades. A partir desses hidrômetros, a tubulação dos ramais segue pelo teto do pavimento, junto à laje. A figura 13 detalha a instalação própria do apartamento 806, fornecendo os diâmetros das tubulações e peças.

Figura 13 – Detalhe de instalação com MI



(fonte: elaborada pelo autor)

O quantitativo de material para esse caso também foi calculado. O resultado pode ser visualizado no quadro 2. Percebe-se uma variação significativa nos quantitativos de material. Diferença esta analisada nos próximos capítulos.

Quadro 2 – Quantitativo de material para MI

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
38,2	20mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
123	25mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
40,8	32mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
6,9	40mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
16,2	50mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
1,9	60mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
4,3	85mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
232	20mm	Joelho 90
504	25mm	Joelho 90
116	32mm	Joelho 90
14	40mm	Joelho 90
26	50mm	Joelho 90
6	60mm	Joelho 90
2	85mm	Joelho 90
6	20mmx1/2"	Joelho 90
2	85mm	Curva 45
66	20mm	Tê
152	25mm	Tê
14	32mm	Tê
2	50mm	Tê
2	85mm	Tê
8	25mm	Tê de redução
4	25mmx32mm	Tê de redução
2	40mmx32mm	Tê de redução
12	50mmx32mm	Tê de redução
14	60mmx50mm	Tê de redução
6	85mmx60mm	Tê de redução
24	32mm	Luva
18	50mm	Luva

continua

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
4	85mm	Luva
2	20mm	Luva de redução
8	25mm	Luva de redução
34	25mmx20mm	Luva de redução
52	32mmx25mm	Luva de redução
8	40mmx32mm	Luva de redução
8	50mmx40mm	Luva de redução
28	25mm	Cruzeta
2	60mmx50mm	Bucha de redução curta
2	50mmx25mm	Bucha de redução longa
12	50mmx32mm	Bucha de redução longa
2	60mmx50mm	Bucha de redução longa
2	85mmx60mm	Bucha de redução longa
56	25mmx3/4"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
8	25mmx1,1/4"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
56	32mmx1"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
16	40mmx1,1/4"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx2"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx3"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx3"	Adaptador longo c/flanges livres-cx,d`água
38	3/4"	Tê misturador
32	1"	Tê misturador
30	1/2"	Registro de Pressão
40	3/4"	Registro de Pressão
20	1/2"	Registro de Gaveta base
56	3/4"	Registro de Gaveta base
8	1"	Registro de Gaveta base
16	3/4"	Registro de Gaveta bruto

continua

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
18	1"	Registro de Gaveta bruto
2	1,1/4"	Registro de Gaveta bruto
6	1,1/2"	Registro de Gaveta bruto
3	3"	Registro de Gaveta bruto
42	3/4"	Hidrômetro para 1,5 m ³ /h

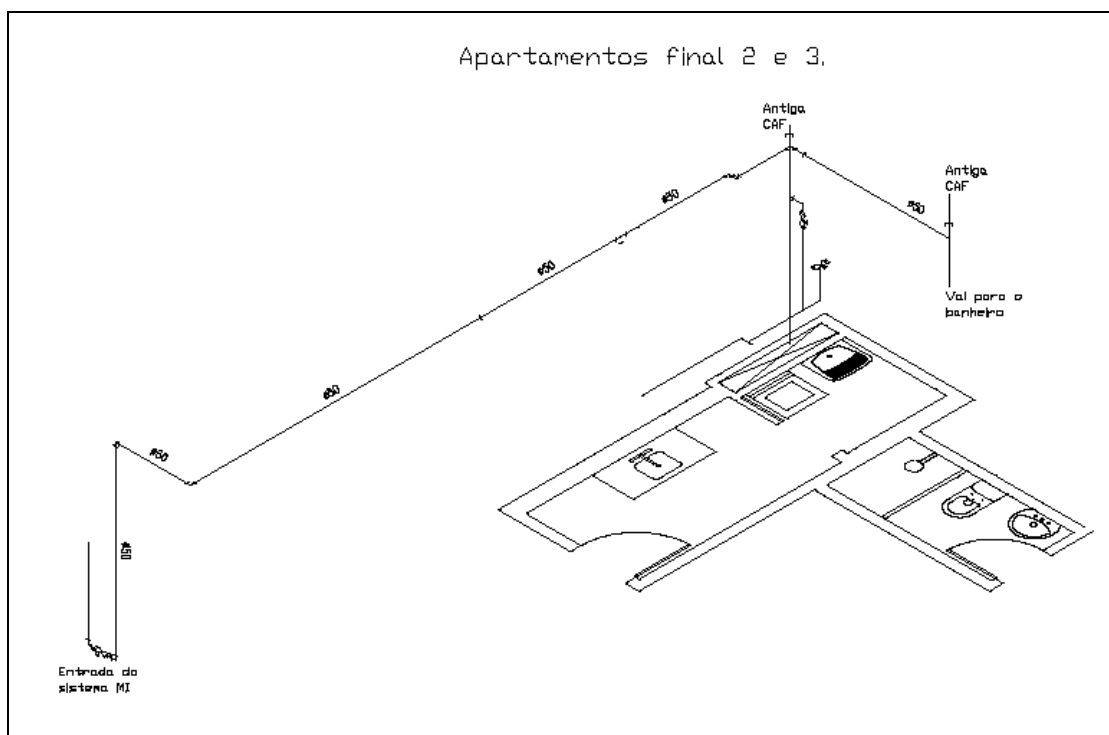
(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE MC POR MI

A terceira proposta deste trabalho é um projeto de adequação do sistema hidráulico predial. Sendo assim, é proposto um modelo que adapte uma instalação originalmente construída com o conceito de MC. Conforme detalhado nos capítulos anteriores a solução adotada foi substituição do barrilete antigo, por um que fosse capaz de atender a demanda de vazão das unidades independentemente. Também vale ressaltar a locação dos hidrômetros efetuada em cada pavimento tipo, necessária para o novo sistema. Para a substituição dos sistemas foi necessário projetar um sistema de ramais para cada unidade, a partir dos novos hidrômetros, até a unidade autônoma correspondente. O resultado foi uma instalação de água muito parecida com a instalação com o sistema de MI apresentada anteriormente. Conforme a figura 14, que destaca a instalação hidráulica de todos os apartamentos com finais 2 e 3, é possível perceber que o novo traçado de tubulação leva a água que desce das colunas de água fria centrais da MI para as antigas CAF da MC. A partir desse ponto a tubulação continua mesma.

Maiores detalhes quanto ao traçado estão demonstrados no Apêndice B. Já o quadro 3, apresenta a lista de materiais necessários para adaptar o sistema de medição individualizada no antigo sistema de medição coletiva.

Figura 14 – Detalhe do projeto de substituição de MC para MI



(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 3 – Quantitativo de material para substituição dos sistemas

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
0,8	25mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
43	32mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
22,6	50mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
1,9	60mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
4,5	85mm	Tubo PVC Soldável marrom (NBR 5648/pe CP19)
5	25mm	Joelho 90
96	32mm	Joelho 90
38	50mm	Joelho 90
6	60mm	Joelho 90
2	85mm	Joelho 90
2	85mm	Curva 45

continua

QUANTIDADE	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
17	32mm	Tê
2	50mm	Tê
2	85mm	Tê
14	50mmx32mm	Tê de redução
14	60mmx50mm	Tê de redução
6	85mmx60mm	Tê de redução
29	32mm	Luva
23	50mm	Luva
5	85mm	Luva
25	32mmx25mm	Luva de redução
3	40mmx32mm	Luva de redução
5	50mmx40mm	Luva de redução
2	60mmx50mm	Bucha de redução curta
17	50mmx32mm	Bucha de redução longa
2	60mmx50mm	Bucha de redução longa
2	85mmx60mm	Bucha de redução longa
2	85mmx2"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx3"	Adaptador soldável curto bolsa e rosca
2	85mmx3"	Adaptador longo c/flanges livres-cx,d`água
15	1"	Registro de Gaveta bruto
6	1,1/2"	Registro de Gaveta bruto
3	3"	Registro de Gaveta bruto
42	3/4"	Hidrômetro para 1,5m³/h

(fonte: elaborado pelo autor)

5 ANÁLISE DOS CUSTOS

Neste capítulo, são analisados aspectos financeiros determinantes para comparação dos sistemas projetados. Alguns cenários de comparação são propostos, para confrontar as peculiaridades de cada um dos métodos construtivos das instalações hidráulicas apresentadas. Após, é avaliado o tempo de amortização do investimento na substituição de um sistema de MI por um de MC.

5.1 CUSTOS CONSIDERADOS

Esse capítulo trata da parte do trabalho em que foi calculado o total gasto com insumos para cada modelo proposto. Aqui são detalhados também os valores considerados para o custo com mão de obra e com a água consumida pela edificação.

Os custos de mão de obra foram considerados simplificadaamente, ponderando em 45% do custo total com o material orçado para cada um dos sistemas de medição, que representa uma boa aproximação se comparado aos indicadores de mercado atuais.

Para a análise dos custos devido ao consumo de água, foi extrapolado linearmente (taxa de crescimento constante) o preço cobrado pelo DMAE pelo metro cúbico de água fornecido na cidade de Porto Alegre, considerando dados dos anos anteriores. Através desse método foram obtidos os resultados apresentados no quadro 4.

Para orçar os materiais, segundo o levantamento anterior, utilizou-se a tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), na sua versão de março de 2012. O quadro 5 resume os resultados encontrados.

Quadro 4 – projeção do preço da água

ANO	CUSTO (R\$/m³)	ANO	CUSTO (R\$/m³)
2012	2,32	2027	3,71
2013	2,41	2028	3,81
2014	2,50	2029	3,90
2015	2,60	2030	3,99
2016	2,69	2031	4,09
2017	2,78	2032	4,18
2018	2,88	2033	4,27
2019	2,97	2034	4,37
2020	3,06	2035	4,46
2021	3,16	2036	4,55
2022	3,25	2037	4,64
2023	3,34	2038	4,74
2024	3,43	2039	4,83
2025	3,53	2040	4,92
2026	3,62	2041	5,02

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 5 – Total gasto com materiais para os sistemas de distribuição propostos

	MC	MI	MC → MI
Total (R\$)	22.087,42	32.915,09	17.193,43

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2 CENÁRIOS DE COMPARAÇÃO

Foi elaborado um estudo para comparar a atratividade econômica do sistema de MI frente ao antigo sistema de MC. Com base no levantamento dos custos de uma construção com MC ou MI originalmente, e os custos relativos à mudança de sistemas, projetou-se as vantagens econômicas para diversos índices de redução no consumo de água em um período de 30 anos. Conforme foi apresentado na revisão bibliográfica, a estimativa do índice de redução no consumo de água com a implementação de um sistema MI depende de um grande número de fatores. Dessa forma, existe incerteza no verdadeiro valor da redução no caso do edifício estudado. Os valores aqui avaliados para esse índice variaram de 3% a 20% .

Para este período de 30 anos, também foi simulada a possibilidade da edificação ter sido originariamente construída com qualquer um dos sistemas de medição, a fim de verificar a diferença do custo total com o consumo de água e com a construção, incluindo-se aqui

materiais e mão de obra. Esse método de comparação assegurou o confronto de onze prováveis cenários, distintos, conforme apresentado no quadro 6.

No caso real, a edificação estudada pode comparar sua redução no consumo de água com os dados aqui levantados para as reduções esperadas, e verificar a viabilidade econômica do novo sistema de medição implantado.

Quadro 6 – Cenários da análise econômica

Cenário	Sistema	Redução no consumo
1	MC	0%
2	MI	3%
3	MI	5%
4	MI	10%
5	MI	15%
6	MI	20%
7	MC → MI	3%
8	MC → MI	5%
9	MC → MI	10%
10	MC → MI	15%
11	MC → MI	20%

(fonte: elaborado pelo autor)

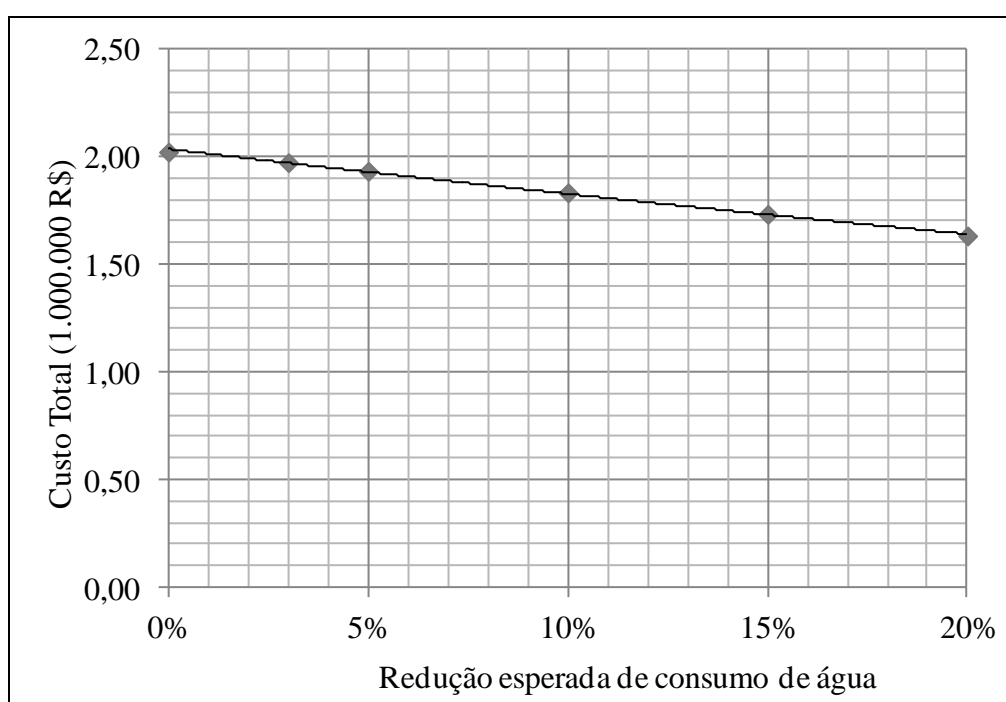
5.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Sendo 7,18 % o INCC-M (Índice Nacional de Custo da Construção para o Mercado) acumulado no Ano, para o mês de março de 2012, calculou-se o Valor Presente, pelo método do Valor Presente Líquido (VPL), dos valores estimados para todos os cenários de comparação propostos.

No caso da edificação real, originariamente construída pelo sistema da MC, a instalação hidráulica predial solicita anualmente 17.374 m³ de água entre seus 238 habitantes. Projetando num período de 30 anos, o custo acumulado total estimado é R\$ 2.000.263,95 considerando material, mão de obra e água consumida pelo condomínio. Os resultados para uma instalação

com MI são significativamente menores, mesmo com seu custo inicial superior, a redução esperada no consumo de água gera uma economia considerável. Se a redução no consumo de água for de 15 %, por exemplo, em 30 anos estima-se uma diferença de R\$ 289.198,81 no custo acumulado total. Isso equivale a uma redução de 14,30 % sobre o valor pago no caso de MC. A figura 15 apresenta um gráfico comparativo desses valores, sendo que, para o caso de redução esperada de consumo d'água igual a 0 %, tem-se o valor da total acumulado do sistema de MC, incluindo a diferença no custo de construção.

Figura 15 – Custo total para os sistemas de medição



(fonte: elaborado pelo autor)

No caso da substituição do sistema de MC pelo de MI, o quadro 7 apresenta os dados com o custo total. Fica explícita a redução do custo com a evolução da diminuição do consumo de água.

Quadro 7 – Custo de substituição do sistema de MC por MI

Custo total (R\$) em função da redução esperada no consumo de água				
3%	5%	10%	15%	20%
1.957.364,67	1.917.361,14	1.817.352,32	1.717.343,49	1.617.334,66

(fonte: elaborado pelo autor)

Quando consideradas as instalações hidráulicas, originalmente construídas sobre um dos sistemas, ou a substituição do Sistema de MC pelo de MI no primeiro dos 30 anos projetados, os VPL seguem a tendência de diminuição do custo total. Sendo que, quanto maior a redução no consumo de água, menor o VPL, conforme esperado. No quadro 8 que segue, esses resultados são demonstrados. A quarta coluna mostra a diferença do VPL da MC com o VPL dos demais casos.

Quadro 8 – VPL para os cenários propostos

Sistema e redução de consumo esperada		VPL (R\$)	Diferença com MC
MC	0%	711.781,96	
MI	3%	701.149,06	-10.632,90
	5%	687.325,58	-24.456,38
	10%	652.766,87	-59.015,09
	15%	618.208,16	-93.573,80
	20%	583.649,45	-128.132,51
MC → MI	3%	686.480,60	-25.301,36
	5%	672.657,12	-39.124,84
	10%	638.098,41	-73.683,55
	15%	603.539,70	-108.242,26
	20%	568.980,99	-142.800,97

(fonte: elaborado pelo autor)

Outro ponto de vista da viabilidade econômica dos diferentes cenários estudados, na intervenção no sistema hidráulico, é o período em que os VPL se equivalem. Esse período da análise determina, até quando deve ser efetuada a substituição do sistema de MC pelo de MI para que haja vantagem econômica sobre o investimento. É interessante determinar o período de igualdade dos VPL sem a inclusão do custo de construção do sistema original com MC. Assim, é possível compreender até qual período da análise, o condomínio do edifício estudado, ainda teria viabilidade econômica na substituição dos sistemas hidráulicos.

O quadro 9 expõem os resultados dessa análise, do 15º ano de análise em diante. Observa-se que, por exemplo: para uma redução no consumo de água de 3 %, se a intervenção na instalação hidráulica do edifício estudado for efetuada até o 20º ano projetado, ainda há viabilidade econômica do sistema de MI num balanço de 30 anos de custos. Observa-se

também nesse quadro que, índices de redução no consumo, superiores a 15 % a viabilidade econômica do novo sistema se dá até os últimos períodos considerados.

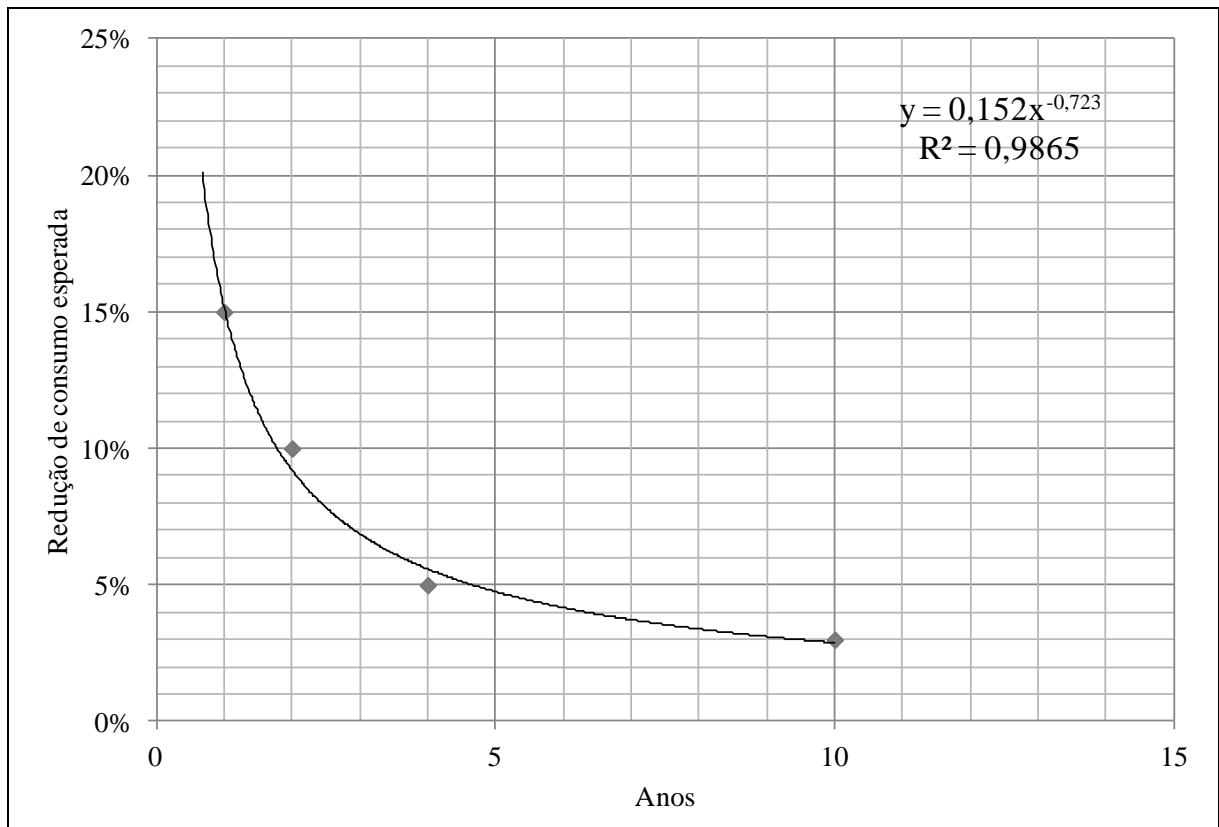
Quadro 9 – Balanço de VPL para os cenários propostos

Período	Ano	Custo total com MC	Custo total (R\$): Substituição de MC por MI sobre redução do consumo				
			3%	5%	10%	15%	20%
15	2027	64521,8238	64.521,82	64.521,82	64.521,82	64.521,82	64.521,82
16	2028	66139,3432	66.139,34	66.139,34	66.139,34	66.139,34	66.139,34
17	2029	67756,8626	67.756,86	67.756,86	67.756,86	67.756,86	67.756,86
18	2030	69374,382	69.374,38	69.374,38	69.374,38	69.374,38	69.374,38
19	2031	70991,9014	70.991,90	70.991,90	70.991,90	70.991,90	70.991,90
20	2032	72609,4208	87.624,57	72.609,42	72.609,42	72.609,42	72.609,42
21	2033	74226,9402	72.000,13	74.226,94	74.226,94	74.226,94	74.226,94
22	2034	75844,4596	73.569,13	75.844,46	75.844,46	75.844,46	75.844,46
23	2035	77461,979	75.138,12	77.461,98	77.461,98	77.461,98	77.461,98
24	2036	79079,4984	76.707,11	79.079,50	79.079,50	79.079,50	79.079,50
25	2037	80697,0178	78.276,11	80.697,02	80.697,02	80.697,02	80.697,02
26	2038	82314,5372	79.845,10	95.392,24	82.314,54	82.314,54	82.314,54
27	2039	83932,0566	81.414,09	79.735,45	83.932,06	83.932,06	83.932,06
28	2040	85549,576	82.983,09	81.272,10	94.188,05	85.549,58	85.549,58
29	2041	87167,0954	84.552,08	82.808,74	78.450,39	91.292,03	87.167,10
30	2042	88784,6148	86.121,08	84.345,38	79.906,15	75.466,92	88.227,69
VPL		594.853,47					

(fonte: elaborado pelo autor)

Para melhor visualização dos resultados obtidos, elaborou-se o gráfico da figura 16. Esse gráfico apresenta os resultados com uma função da redução de consumo de água esperada, resultando no número de anos prévios ao final do período de balanço econômico adotado (30 anos) a partir do qual não é economicamente viável substituir os sistemas de MC por MI. Sendo a região acima da função a área de benefício financeiro para a implementação do sistema de MI. Na mesma figura, observa-se a equação da função potencial que, nesse caso mostrou-se como melhor aproximação aos pontos obtidos.

Figura 16 – Redução de consumo de água esperado em função do ano de substituição dos sistemas



(fonte: elaborado pelo autor)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, procurou-se avaliar tecnicamente e economicamente as instalações prediais hidráulicas de água fria, de um edifício com sistemas distintos de medição do consumo de água. Na edificação em questão, avaliou-se também, a troca de um sistema de MC por um de MI. Para tanto foi projetada a instalação hidráulica com MI, tendo como diretrizes as Normas vigentes e os projetos arquitetônicos da edificação. Outro projeto hidráulico se fez necessário para a correta avaliação de um importante cenário da pesquisa, isso no caso da substituição do sistema de MC pelo de MI. Com base nos projetos e quantitativos de materiais, foi possível a previsão orçamentária dos diferentes cenários propostos, bem como a simulação do custo da instalação hidráulica com MC, possibilitando a avaliação dos benefícios diretos de uma instalação hidráulica com MI.

Foi possível verificar a viabilidade técnica da substituição dos sistemas no caso estudado. Isso se adotando a solução de locar na área comum dos pavimentos, um conjunto de hidrômetros pelos quais passam as tubulações dos ramais que abastecem as unidades autônomas desses pavimentos. Os edifícios que possuem estrutura de sustentação formada principalmente por vigas e pilares de concreto armado apresentam maiores possibilidades na intervenção das instalações hidráulicas, possibilitando a adequação do novo sistema de MI.

No que se refere à viabilidade econômica, fica claro que, mesmo para pequenos índices de redução do consumo de água, o edifício estudado apresentou grande retorno. Talvez pelo provável número de usuários, 238 habitantes, ser demasiado elevado, o custo de substituição dos sistemas perante o gasto anual com água na edificação faz com que a substituição dos sistemas seja altamente aconselhável. Visto que, na bibliografia estudada, existem casos de reduções no consumo de água, devido a simples modificação no sistema de medição, de até 25 %, muito provavelmente na maioria dos casos reais semelhantes ao estudado pode-se concluir positivamente sobre a intervenção nas instalações hidráulicas, conforme aqui proposto.

Algumas simplificações necessárias para viabilizar este trabalho de conclusão de curso merecem maior menção. A aproximação do custo da mão de obra em 45 % do custo total de

material se mostrou razoável. Para melhor ponderação sobre o caso, como forma de análise, esse índice foi alterado para valores entre 40 e 60 % e os resultados finais pouco variaram.

Pode-se citar como desvantagens da migração do sistema de MC para o de MI, a adaptação da instalação Hidráulica de água quente. Apesar de não ser o foco deste trabalho, vale ressaltar que, para a completa migração de sistemas, deve-se adaptar a rede hidráulica de água quente, onerando o custo final.

Assim o tema não foi aprofundado no trabalho. Outra importante limitação deste trabalho é a não avaliação dos custos envolvidos no ramal de alimentação da edificação. Apesar deste ser idêntico aos diferentes sistemas de medição, não foram levados em consideração, os custos com energia elétrica devido ao recalque da água ao reservatório superior, nem os custos de manutenção do sistema de bombeamento. Logicamente, com a redução no consumo de água da edificação, os custos anteriormente citados tendem diminuir ao longo do tempo. Fica aqui esta análise mais abrangente como sugestão para outras pesquisas.

REFERÊNCIAS

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 16 nov. 2011.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria 518/GM**, de 25 de março de 2004. Dispõe sobre controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 15 set. 2011.

CARVALHO, W. F. **Medição individualizada de água em apartamentos**. 2010. 95 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H. **Sistemas prediais de suprimento de água fria**: tipos de sistemas e componentes. São Paulo: 2007. Apostila da disciplina Sistemas Prediais I da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://pcc2465.pcc.usp.br/Apostilas/Agua%20Fria%201-%202007.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MULTIPLUS. **Softwares Técnicos**. Pró-Hidráulica. São Paulo: [2011a]. Disponível em: <<http://hidraulica.multipius.com/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

_____. **Pró-Hidráulica**: vantagens. São Paulo: [2011b]. Disponível em: <<http://hidraulica.multipius.com/Vantagens.html>>. Acesso em: 16 nov. 2011.

OLIVEIRA, L. H. de. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obra de edificação: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 21., 1997, Rio das Pedras, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 1997. p. 1-27. Disponível em: <http://www.ea.ufrgs.br/professores/hfreitas/files/artigos/1997/1997_047_ENANPAD.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2011.

PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Decreto n. 9.369**, de 29 de dezembro de 1988. Regulamenta a Lei Complementar n. 170 de 31 de dezembro de 1987. Estabelece normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgoto sanitário prestados pelo DMAE. Porto Alegre, RS, 1988, Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf>. Acesso em: 30 set. 2011.

_____. Secretaria de Planejamento Municipal. **Lei 10.506**, de 5 de agosto de 2008. Instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, RS, 2008. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/500602/lei-10506-08-porto-alegre-rs>>. Acesso em: 15 out. 2011.

_____. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Instrução de Trabalho n. 150**: medição individualizada de água em condomínios. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/it_150_2009_07_14.pdf>. Acesso em: 16 out. 2010.

SCHMIDT, J. L. **Reservatório de água em edificações multifamiliáres**: análise do dimensionamento do volume útil. 2010. 83 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAMAKI, H. O. **A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso**: programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003

YAMADA, E. S.; PRADO, R. T. A.; IOSHIMOTO, E. **Os impactos do sistema de medição individualizada de água**. São Paulo: EPUSP, 2001.

APÊNDICE A – Projeto de Medição Individualizada

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 7														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	0	4,89	75,6	1,09	0,27169	25	2,82	52,7	2,82	2,82	0,8	0	0,8	51,9
B-C	0	4,89	53,4	2,18	1,48201	51,9	0	51,9	0,19	8,19	0,3	11,9	12,1	39,8
C-D	0	3,26	53,4	1,46	0,69151	39,8	0	39,8	0,2	2,6	0,1	1,7	1,8	38
D-E	0	1,63	53,4	0,73	0,18787	38	-0,08	37,2	0,25	6,35	0	1,1	1,2	36
E-F	0	1,63	44	1,07	0,4833	36	-0,11	35	0,11	0,11	0,1	0	0,1	34,9
C-G	0	1,63	44	1,07	0,4833	39,8	-0,18	38	0,18	7,98	0,1	3,8	3,9	34,1
D-H	0	1,63	44	1,07	0,4833	38	-0,18	36,2	0,18	7,98	0,1	3,8	3,9	32,3

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 6														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	12,2	1,05	75,6	0,23	0,01502	52	3	81,4	3	5,5	0	0	0,1	81,3
B-C	12,2	1,05	53,4	0,47	0,08193	81,3	0	81,3	0,19	8,19	0	0,7	0,7	80,7
C-D	8,1	0,86	53,4	0,38	0,05597	80,7	0	80,7	0,2	2,6	0	0,1	0,1	80,5
D-E	4,1	0,61	53,4	0,27	0,02917	80,5	-0,19	78,7	0,36	6,46	0	0,2	0,2	78,5
C-F	4,1	0,61	44	0,4	0,07504	80,7	-0,18	78,9	0,18	7,98	0	0,6	0,6	78,3
D-G	4,1	0,61	44	0,4	0,07504	80,5	-0,18	78,7	0,18	7,98	0	0,6	0,6	78,1

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 5														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	12,2	1,05	75,6	0,23	0,01502	80,5	3	109,9	3	5,5	0	0	0,1	109,8
B-C	12,2	1,05	53,4	0,47	0,08193	109,8	0	109,8	0,19	8,19	0	0,7	0,7	109,2
C-D	8,1	0,86	53,4	0,38	0,05597	109,2	0	109,2	0,2	2,6	0	0,1	0,1	109
D-E	4,1	0,61	53,4	0,27	0,02917	109	-0,19	107,2	0,36	6,46	0	0,2	0,2	107
C-F	4,1	0,61	44	0,4	0,07504	109,2	-0,18	107,4	0,18	7,98	0	0,6	0,6	106,8
D-G	4,1	0,61	44	0,4	0,07504	109	-0,18	107,2	0,18	7,98	0	0,6	0,6	106,6

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 4														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	12,2	1,05	75,6	0,23	0,01502	107	0,24	109,4	0,24	8,24	0	0,1	0,1	109,2
B-C	12,2	1,05	53,4	0,47	0,08193	109,2	2,76	136,3	2,76	2,76	0,2	0	0,2	136,1
C-D	12,2	1,05	44	0,69	0,21077	136,1	0	136,1	0,19	7,99	0	1,6	1,7	134,4
D-E	8,1	0,86	44	0,56	0,14397	134,4	0	134,4	0,2	2,5	0	0,3	0,4	134
E-F	4,1	0,61	44	0,4	0,07504	134	0	134	0,18	2,48	0	0,2	0,2	133,8
F-G	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	133,8	-0,19	132	0,19	3,59	0,1	2,4	2,5	129,5
D-H	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	134,4	-0,18	132,6	0,18	7,78	0,1	5,4	5,5	127,1
E-I	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	134	-0,18	132,2	0,18	7,78	0,1	5,4	5,5	126,7

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 3														
trecho	pesos	vazão	DN	Veloc,	Ju	P,Inic,	Dif,cota	P,Disp,	Cmp,Real	Cmp,Eq,	PC,tub	PC,cnx	PC,tot	Pressão
		(l/s)	(mm)	(m/s)	(KPa/m)	(KPa)	(m)	(KPa)	(m)	(m)	(KPa)	(KPa)	(KPa)	(KPa)
A-B	12,2	1,05	53,4	0,47	0,08193	136,1	0,29	139	0,29	8,09	0	0,6	0,7	138,3
B-C	12,2	1,05	44	0,69	0,21077	138,3	2,71	164,9	2,71	2,71	0,6	0	0,6	164,3
C-D	12,2	1,05	27,8	1,73	1,98113	164,3	0	164,3	0,19	7,79	0,4	15,1	15,4	148,8
D-E	8,1	0,86	27,8	1,41	1,35328	148,8	0	148,8	0,2	1,7	0,3	2	2,3	146,5
E-F	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	146,5	-0,19	144,7	0,36	3,86	0,3	2,5	2,7	142
D-G	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	148,8	-0,18	147	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	143,7
E-H	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	146,5	-0,18	144,7	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	141,4

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 2														
trecho	pesos	vazão	DN	Veloc,	Ju	P,Inic,	Dif,cota	P,Disp,	Cmp,Real	Cmp,Eq,	PC,tub	PC,cnx	PC,tot	Pressão
		(l/s)	(mm)	(m/s)	(KPa/m)	(KPa)	(m)	(KPa)	(m)	(m)	(KPa)	(KPa)	(KPa)	(KPa)
A-B	12,2	1,05	44	0,69	0,21077	164,3	3	193,7	3	5,3	0,6	0,5	1,1	192,6
B-C	12,2	1,05	27,8	1,73	1,98113	192,6	0	192,6	0,19	7,79	0,4	15,1	15,4	177,2
C-D	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	177,2	-0,18	175,4	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	172
C-E	8,1	0,86	27,8	1,41	1,35328	177,2	0	177,2	0,2	1,7	0,3	2	2,3	174,9
E-F	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	174,9	-0,19	173	0,36	3,86	0,3	2,5	2,7	170,3
E-G	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	174,9	-0,18	173,1	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	169,7

Medição Individualizada														
Dimensionamento de CAF														
PAV 1														
trecho	pesos	vazão	DN	Veloc,	Ju	P,Inic,	Dif,cota	P,Disp,	Cmp,Real	Cmp,Eq,	PC,tub	PC,cnx	PC,tot	Pressão
		(l/s)	(mm)	(m/s)	(KPa/m)	(KPa)	(m)	(KPa)	(m)	(m)	(KPa)	(KPa)	(KPa)	(KPa)
A-B	12,2	1,05	44	0,69	0,21077	177,2	3	206,6	3	5,3	0,6	0,5	1,1	205,5
B-C	12,2	1,05	27,8	1,73	1,98113	205,5	0	205,5	0,19	7,79	0,4	15,1	15,4	190,1
C-D	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	190,1	-0,18	188,3	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	184,9
C-E	8,1	0,86	27,8	1,41	1,35328	190,1	0	190,1	0,2	1,7	0,3	2	2,3	187,8
E-F	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	187,8	-0,19	185,9	0,36	3,86	0,3	2,5	2,7	183,2
E-G	4,1	0,61	27,8	1	0,70537	187,8	-0,18	186	0,18	4,78	0,1	3,2	3,4	182,6

Medição Individualizada														
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais														
PAV 7 APTO FINAIS 1 e 4														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P.Inic, (KPa)	Dif.cota (m)	P.Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	3,4	0,55	44	0,36	0,06337	49,4	-2,75	22,4	4,55	9,05	0,3	0,3	0,6	21,9
B-C	2,4	0,46	44	0,31	0,04568	21,9	0	21,9	5,79	10,39	0,3	0,2	0,5	21,4
C-D	2,4	0,46	35,2	0,48	0,13571	21,4	2,3	43,9	2,3	3,8	0,3	0,2	0,5	43,4
D-E	2,4	0,46	27,8	0,77	0,42934	43,4	-0,15	42	0,84	6,24	0,4	2,3	2,7	39,3
B-F	1	0,3	44	0,2	0,02006	21,9	0	21,9	0,19	3,29	0	0,1	0,1	21,8
F-G	1	0,3	35,2	0,31	0,0596	21,8	0	21,8	2,9	2,9	0,2	0	0,2	21,6
G-H	1	0,3	27,8	0,49	0,18854	21,6	2,04	41,6	2,14	3,64	0,4	0,3	0,7	40,9
H-I	1	0,3	21,6	0,82	0,64596	40,9	0,11	42	0,11	0,11	0,1	0	0,1	41,9
I-J	0,6	0,23	21,6	0,63	0,39964	41,9	0	41,9	0,22	3,32	0,1	1,2	1,3	40,6
J-K	0,3	0,16	21,6	0,45	0,2083	40,6	0,4	44,5	0,4	5	0,1	1	1	43,5
J-L	0,3	0,16	21,6	0,45	0,2083	40,6	0	40,6	0,72	3,12	0,2	0,5	0,7	40
I-M	0,4	0,19	21,6	0,52	0,27299	41,9	-1,5	27,2	2,24	29,69	0,6	7,5	8,1	19,1
E-N	1,7	0,39	21,6	1,07	1,06372	39,3	0	39,3	2,1	6,9	2,2	5,1	7,3	31,9
N-O	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	31,9	-0,45	27,5	0,92	4,82	0,4	1,8	2,2	25,3

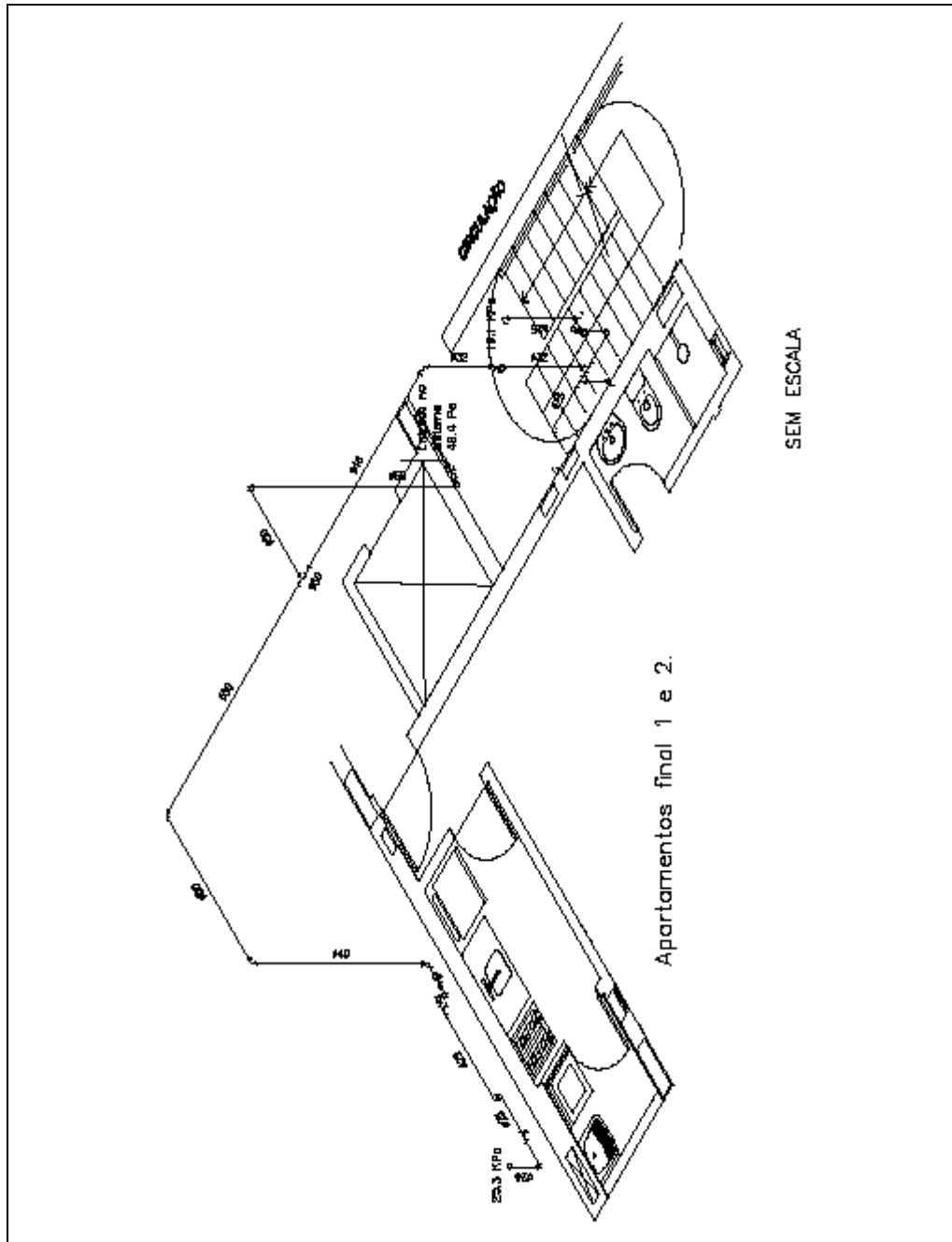
Medição Individualizada														
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais														
PAV 7 APTO FINAIS 2 e 3														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P.Inic, (KPa)	Dif.cota (m)	P.Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	4,2	0,61	44	0,4	0,07729	49,4	-2,75	22,4	8,47	13,87	0,7	0,4	1,1	21,4
B-C	4,2	0,61	35,2	0,63	0,22965	21,4	0	21,4	2,04	2,04	0,5	0	0,5	20,9
C-D	2,4	0,46	27,8	0,77	0,42934	20,9	2,15	42	3,05	15,75	1,3	5,5	6,8	35,2
C-E	1,8	0,4	35,2	0,41	0,10355	20,9	0	20,9	5,96	12,36	0,6	0,7	1,3	19,6
E-F	1,8	0,4	27,8	0,66	0,32761	19,6	2,35	42,6	2,35	3,85	0,8	0,5	1,3	41,4
F-G	1,8	0,4	21,6	1,1	1,12243	41,4	0,2	43,3	0,2	0,2	0,2	0	0,2	43,1
G-H	1,1	0,31	21,6	0,86	0,7065	43,1	0	43,1	0,61	6,11	0,4	3,9	4,3	38,8
H-I	0,8	0,27	21,6	0,73	0,52373	38,8	0	38,8	0,37	1,27	0,2	0,5	0,7	38,1
I-J	0,4	0,19	21,6	0,52	0,27299	38,1	-1,9	19,5	2,35	32,09	0,6	8,1	8,8	10,7
I-K	0,4	0,19	21,6	0,52	0,27299	38,1	-1,9	19,5	2,23	28,27	0,6	7,1	7,7	11,8
G-L	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	43,1	-0,4	39,2	0,79	8,39	0,4	3,5	3,9	35,3
D-M	1,7	0,39	21,6	1,07	1,06372	35,2	0	35,2	1,48	6,28	1,6	5,1	6,7	28,5
M-N	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	28,5	-0,45	24,1	1,54	5,44	0,7	1,8	2,5	21,6

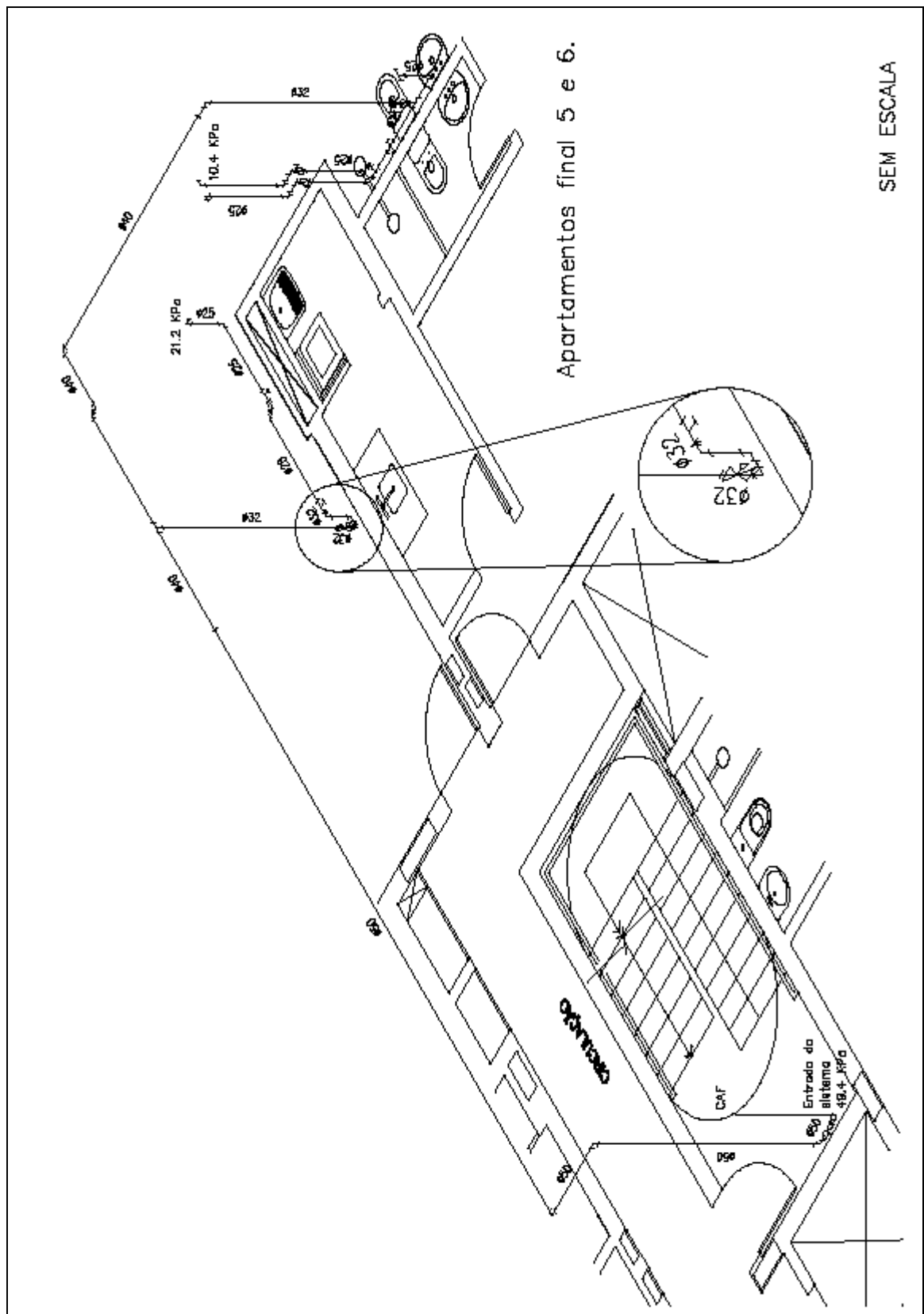
Medição Individualizada														
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais														
PAV 7 APTO FINAIS 5 e 6														
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P.Inic, (KPa)	Dif.cota (m)	P.Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)
A-B	4,4	0,63	44	0,41	0,08075	49,4	-2,75	22,4	12,36	18,36	1	0,5	1,5	20,9
B-C	4,4	0,63	35,2	0,65	0,23991	20,9	0	20,9	1,43	1,43	0,3	0	0,3	20,6
C-D	2,4	0,46	27,8	0,77	0,42934	20,6	2,15	41,7	3,05	16,05	1,3	5,6	6,9	34,8
C-E	2	0,42	35,2	0,44	0,11434	20,6	0	20,6	5,96	12,46	0,7	0,7	1,4	19,2
E-F	2	0,42	27,8	0,7	0,36172	19,2	2,24	41,1	2,24	3,74	0,8	0,5	1,4	39,8
F-G	2	0,42	35,2	0,44	0,11434	39,8	0,11	40,9	0,11	0,11	0	0	0	40,9
G-H	2	0,42	21,6	1,16	1,23929	40,9	0,2	42,8	0,2	0,2	0,2	0	0,2	42,6
H-I	1,4	0,35	21,6	0,97	0,88627	42,6	0	42,6	0,61	4,61	0,5	3,5	4,1	38,5
I-J	0,8	0,27	21,6	0,73	0,52373	38,5	0	38,5	0,37	1,27	0,2	0,5	0,7	37,8
J-K	0,4	0,19	21,6	0,52	0,27299	37,8	-1,9	19,2	2,35	32,09	0,6	8,1	8,8	10,4
J-L	0,4	0,19	27,8	0,31	0,07968	37,8	-0,9	29	1,03	27,96	0,1	2,1	2,2	26,8
L-M	0,4	0,19	21,6	0,52	0,27299	26,8	-1	17	1,2	4,7	0,3	1	1,3	15,7
H-N	0,6	0,23	21,6	0,63	0,39964	42,6	-0,4	38,7	0,79	6,29	0,3	2,2	2,5	36,1
D-O	1,7	0,39	21,6	1,07	1,06372	34,8	0	34,8	1,55	6,35	1,7	5,1	6,8	28
O-P	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	28	-0,45	23,7	1,46	5,36	0,7	1,8	2,5	21,2

Medição Individualizada															
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais															
PAV 1 APTO FINAIS 1 e 4															
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)	
A-B	2,7	0,49	21,6	1,35	1,64319	170	-2,59	144,6	4,71	9,21	7,7	7,4	15,1	129,5	
B-C	1,7	0,39	21,6	1,07	1,06372	129,5	0	129,5	5,79	10,39	6,2	4,9	11	118,4	
C-D	1,7	0,39	17	1,72	3,42271	118,4	2,15	139,5	5,24	18,24	17,9	44,5	62,4	77,1	
D-E	0,7	0,25	17	1,11	1,48642	77,1	-0,45	72,7	0,92	4,82	1,4	5,8	7,2	65,5	
B-F	1	0,3	17	1,32	2,07849	129,5	2,15	150,6	5,34	9,94	11,1	9,6	20,7	129,9	
F-G	0,6	0,23	17	1,02	1,28591	129,9	0	129,9	0,22	3,32	0,3	4	4,3	125,7	
G-H	0,3	0,16	17	0,72	0,67026	125,7	0,4	129,6	0,4	5	0,3	3,1	3,4	126,2	
G-I	0,3	0,16	17	0,72	0,67026	125,7	0	125,7	0,72	3,12	0,5	1,6	2,1	123,6	
F-J	0,4	0,19	17	0,84	0,87839	129,9	-1,5	115,2	2,24	23,07	2	18,3	20,3	95	

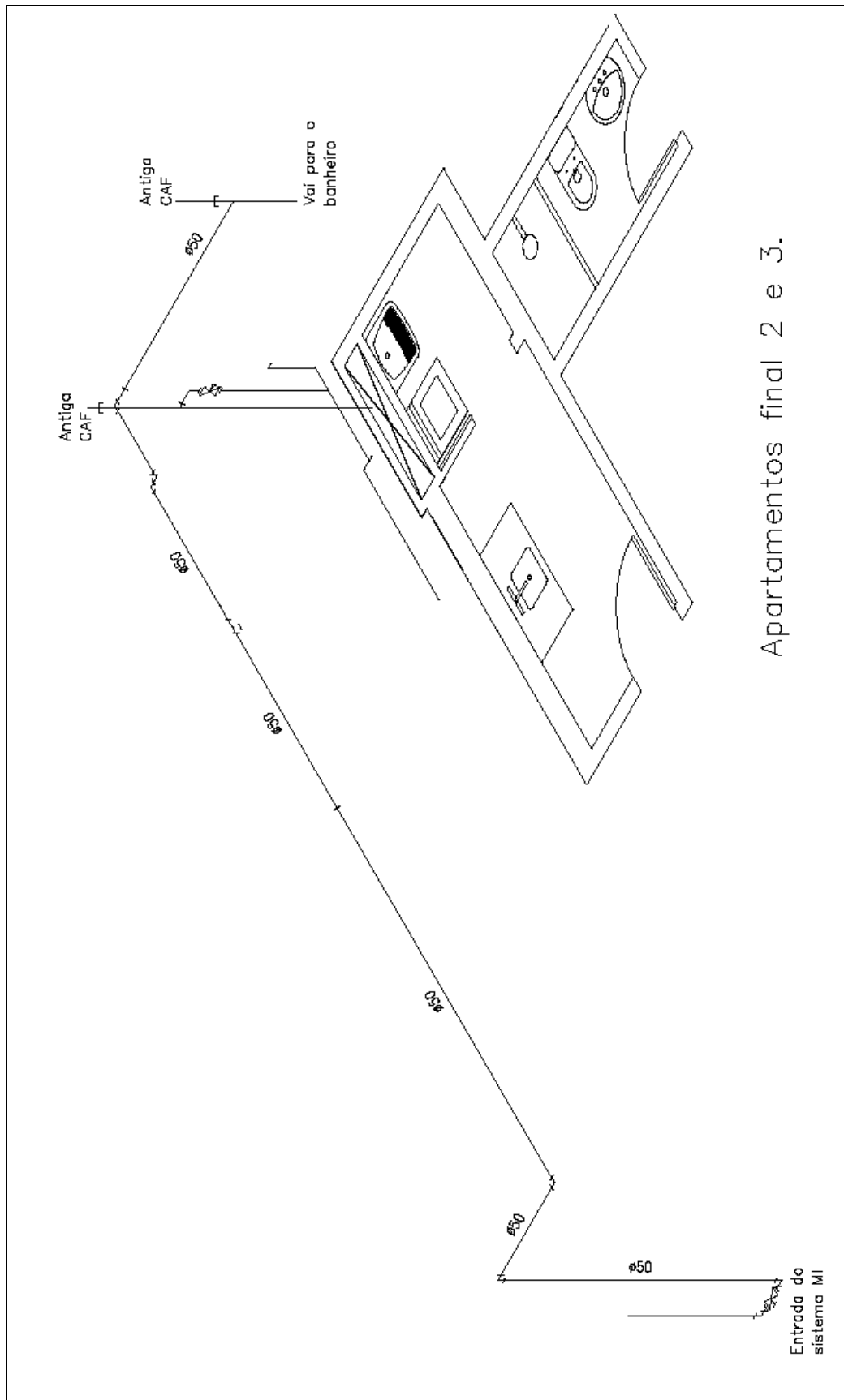
Medição Individualizada															
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais															
PAV 1 APTO FINAIS 2 e 3															
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)	
A-B	4,2	0,61	21,6	1,68	2,4892	170	-2,62	144,3	10,63	16,63	26,5	14,9	41,4	102,9	
B-C	1,8	0,4	21,6	1,1	1,12243	102,9	0	102,9	0,23	1,13	0,3	1	1,3	101,6	
C-D	1,8	0,4	17	1,77	3,61164	101,6	2,55	126,6	8,27	14,27	29,9	21,7	51,5	75	
D-E	0,7	0,25	17	1,11	1,48642	75	-0,4	71,1	0,79	8,49	1,2	11,4	12,6	58,5	
B-F	2,4	0,46	21,6	1,27	1,47097	102,9	2,15	124	3,05	13,75	4,5	15,7	20,2	103,7	
F-G	1,7	0,39	21,6	1,07	1,06372	103,7	0	103,7	0,68	1,58	0,7	1	1,7	102	
G-H	1,7	0,39	17	1,72	3,42271	102	0	102	0,85	6,95	2,9	20,9	23,8	78,2	
H-I	0,7	0,25	17	1,11	1,48642	78,2	-0,45	73,9	1,48	5,38	2,2	5,8	8	65,9	
D-J	1,1	0,31	17	1,39	2,27331	75	0	75	0,61	6,81	1,4	14,1	15,5	59,5	
J-K	0,8	0,27	17	1,18	1,68521	59,5	0	59,5	0,37	1,27	0,6	1,5	2,1	57,4	
K-L	0,4	0,19	17	0,84	0,87839	57,4	-1,9	38,8	2,23	20,86	2	16,4	18,3	20,5	
K-M	0,4	0,19	17	0,84	0,87839	57,4	-1,9	38,8	2,35	24,68	2,1	19,6	21,7	17,1	

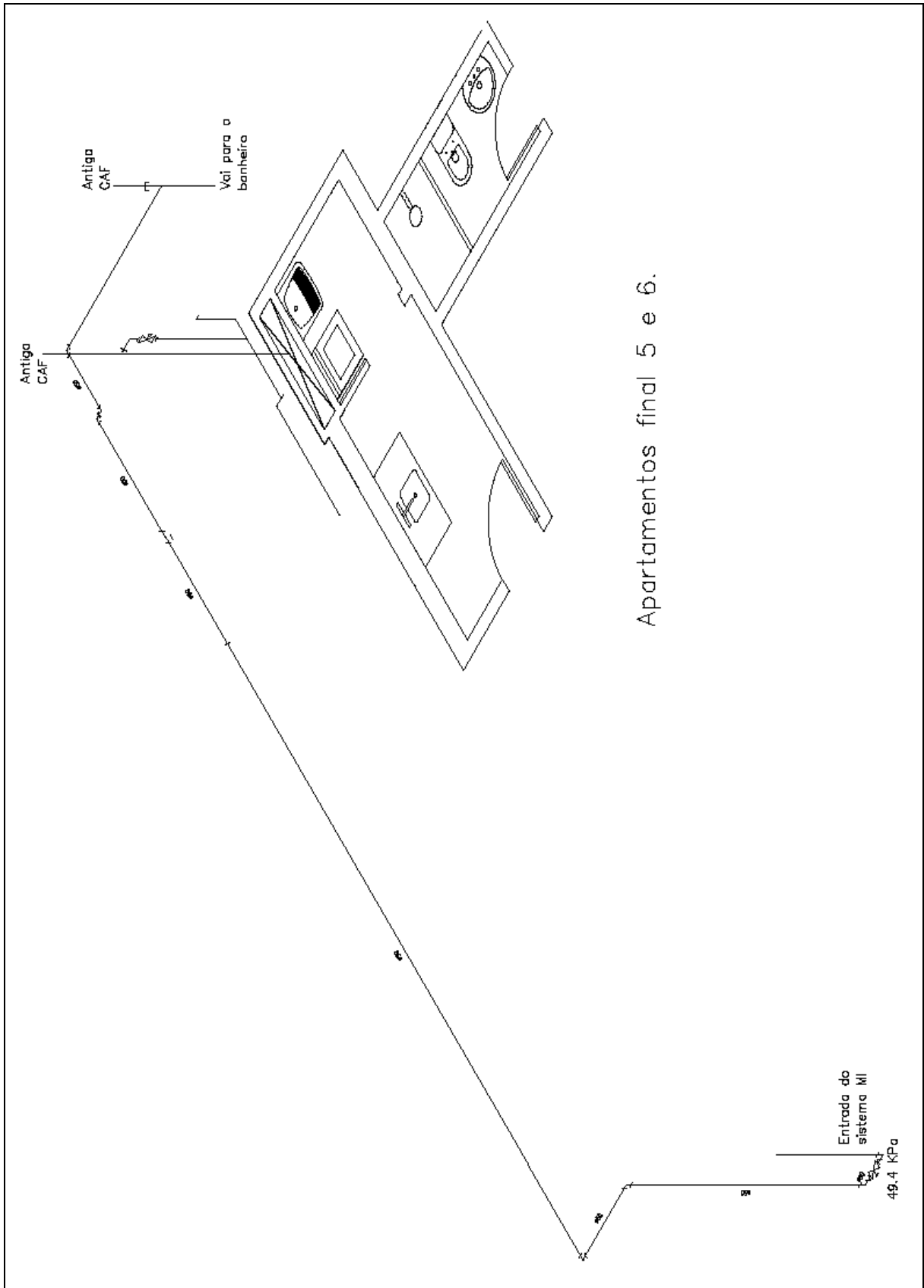
Medição Individualizada															
Dimensionamento de Ramais e Sub-Ramais															
PAV 1 APTO FINAIS 5 e 6															
trecho	pesos	vazão (l/s)	DN (mm)	Veloc, (m/s)	Ju (KPa/m)	P,Inic, (KPa)	Dif,cota (m)	P,Disp, (KPa)	Cmp,Real (m)	Cmp,Eq, (m)	PC,tub (KPa)	PC,cnx (KPa)	PC,tot (KPa)	Pressão (KPa)	
A-B	3,4	0,55	27,8	0,91	0,59565	170	0,27	172,6	0,27	0,27	0,2	0	0,2	172,5	
B-C	3,4	0,55	21,6	1,51	2,04078	172,5	-2,75	145,5	13,79	19,79	28,1	12,2	40,4	105,1	
C-D	2	0,42	21,6	1,16	1,23929	105,1	2,35	128,2	8,31	15,21	10,3	8,6	18,8	109,3	
D-E	2	0,42	17	1,87	3,98765	109,3	0,2	111,3	0,2	0,2	0,8	0	0,8	110,5	
E-F	0,6	0,23	17	1,02	1,28591	110,5	-0,4	106,6	0,79	8,49	1	9,9	10,9	95,6	
C-G	1,4	0,35	21,6	0,97	0,88627	105,1	2,15	126,2	3,05	13,75	2,7	9,5	12,2	114	
G-H	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	114	0	114	1,04	1,94	0,5	0,4	0,9	113,1	
H-I	0,7	0,25	17	1,11	1,48642	113,1	0	113,1	0,34	1,84	0,5	2,2	2,7	110,4	
I-J	0,7	0,25	21,6	0,68	0,46195	110,4	0	110,4	0,1	1,6	0	0,7	0,7	109,7	
J-K	0,7	0,25	17	1,11	1,48642	109,7	-0,45	105,3	1,54	5,44	2,3	5,8	8,1	97,2	
E-L	1,4	0,35	17	1,56	2,85173	110,5	0	110,5	0,61	4,61	1,7	11,4	13,1	97,3	
L-M	0,8	0,27	17	1,18	1,68521	97,3	0	97,3	0,37	1,27	0,6	1,5	2,1	95,2	
M-N	0,4	0,19	17	0,84	0,87839	95,2	-1,9	76,6	2,35	24,68	2,1	19,6	21,7	54,9	
M-O	0,4	0,19	17	0,84	0,87839	95,2	-1,9	76,6	2,23	20,86	2	16,4	18,3	58,3	





APÊNDICE B – Projeto de substituição dos sistemas





Apartamentos final 5 e 6.