

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

Francesco Antonello Ferraro

**IMPLANTAÇÃO DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE
ÁGUA QUENTE EM PRÉDIOS: COMPARAÇÃO ENTRE OS
SISTEMAS**

Porto Alegre
julho 2013

FRANCESCO ANTONELLO FERRARO

**IMPLANTAÇÃO DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE
ÁGUA QUENTE EM PRÉDIOS: COMPARAÇÃO ENTRE OS
SISTEMAS**

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 2013

FRANCESCO ANTONELLO FERRARO

**IMPLANTAÇÃO DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE
ÁGUA QUENTE EM PRÉDIOS: COMPARAÇÃO ENTRE OS
SISTEMAS**

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, julho de 2013

Prof. Juan Martin Bravo
Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

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

Fernando Mainardi Fan (UFRGS)
Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Prof. Felipe Krüger Leal (UFRGS)
Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Francesco e Cristina,
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, pela ajuda irrestrita ao desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço aos meus amigos Mell, Marcel e Julie pela alegria que trouxeram aos meus dias enquanto executei este trabalho.

I'm far from being god, but I work god damn hard.

Shaun Carter

RESUMO

Este trabalho versa sobre a comparação, quanto aos aspectos de instalação, funcionamento e consumo, entre as opções de projeto hidráulicos que visam a economia de água através do processo de individualização da medição de água fria e quente. Partindo de uma tipologia de edificação usual na cidade de Porto Alegre, formada por um pavimento térreo (pilotis), e sete pavimentos tipo, foram elaborados três projetos, seguindo a NBR 5626/1998 e NBR 7198/1993, que usam aquecedores de passagem e de acumulação, nesse caso foi avaliado uma variação que impõe a recirculação de água até o ramal interno das unidades habitacionais, como solução técnica para o aquecimento de sistemas que contemplam a medição individualizada. A partir das informações obtidas pelo dimensionamento dos projetos hidráulicos elaborados para os diferentes sistemas de aquecimento, comparou-se os resultados de implantação, funcionamento e consumo das variações de projeto adotadas. Quanto à implantação, o levantamento demonstrou que a instalação predial com aquecedor individual, opção menos complexa, é quase tão cara quanto a opção com aquecedor com coletiva com recirculação de ramal, opção de maior complexidade e elevado comprimento de tubulação. Tal fato se deve à necessidade da aquisição de um aquecedor de passagem para cada unidade, enquanto nos outros casos um único aquecedor é responsável por abastecer toda a demanda condominial. Quanto ao funcionamento, ficou demonstrada a grande eficiência dos aquecedores de passagem em comparação aos de uso coletivo, que por terem que manter um grande volume de água aquecida durante todo o tempo, demandam um maior consumo energético. Quanto ao consumo de água, os resultados permitiram identificar o tempo de espera até o aquecimento satisfatório da água em cada variação do sistema: usando aquecedor de passagem o tempo foi de 13.83s, já com aquecedor coletivo 18.83s e da variação com recirculação de ramal ficou em 2.21s. Esse tempo também expressa o nível de serviço das opções de projeto e através da mesma análise pode atestar um desperdício de água diário de 3.7m³, 4.7 m³ e 0.5 m³ de água respectivamente.

Palavras-chave: NBR 5626/1998. NBR7198/1993. Medição Individualizada de Água Quente. Hidrômetros Água Fria. Hidrômetros Água Quente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas de pesquisa.....	17
Figura 2 – Componentes de um sistema hidráulico predial.....	20
Figura 3 – Ramal predial com colar de tomada de PVC.....	21
Figura 4 – Subsistema direto de distribuição.....	23
Figura 5 – Subsistemas indireto de distribuição sem e com bombeamento.....	24
Figura 6 – Medição Coletiva (MC).....	26
Figura 7 – Medição Individualizada (MI).....	28
Figura 8 – Classificação comercial de hidrômetros de velocimétricos	32
Figura 9 – Posicionamento dos hidrômetros no hall de entrada.....	33
Figura 10 – Sistema de aquecimento privado.....	36
Figura 11 – Sistema de aquecimento privado com recirculação.....	37
Figura 12 – Sistema de aquecimento coletivo com recirculação de coluna.....	38
Figura 13 – Sistema de aquecimento coletivo com recirculação de coluna e ramal.....	38
Figura 14 – Planta baixa pavimento tipo.....	40
Figura 15 – Identificação de simetria no pavimento tipo.....	41
Figura 16 – Localização dos hidrômetros na área social.....	42
Figura 17 – Distribuição horizontal com sistema de aquecimento individual.....	44
Figura 18 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central.....	45
Figura 19 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto.....	45
Figura 20 – Detalhe distribuição vertical aquecimento coletivo.....	49
Figura 21 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central.....	50
Figura 22 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto.....	51
Figura 23 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central.....	56
Figura 24 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto.....	57
Figura 25 – Comparativo dos gastos com insumos para os sistemas de distribuição propostos.....	60
Figura 26 – Comparativo dos gastos energético para os sistemas de distribuição propostos	61
Figura 27 – Tempo de espera por aparelho.....	63
Figura 28 – Comparativo dos Custo Mensal e Volume Diário Desperdiçado.....	64

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Demonstrativo aquecedores dimensionados para sistema individual.....	43
Quadro 2 – Quantitativo de material para sistema de aquecimento individual.....	46
Quadro 3 – Demonstrativo aquecedores dimensionados para sistema coletivo.....	48
Quadro 4 – Quantitativo de material para sistema de aquecimento coletivo.....	51
Quadro 5 – Quantitativo adicional de material para sistema de aquecimento coletivo com recirculação de ramal.....	55
Quadro 6 – Cenário de frequência de uso por aparelho.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vazão nominal de hidrômetros definida pelo INMETRO.....	31
Tabela 2 – Total gasto para os sistemas de distribuição propostos.....	59

LISTA DE SIGLAS

Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento

CUB – custo unitário básico

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

MC – medição coletiva

MI – medição individual

PVC - policloroeteno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo Principal.....	15
2.2.2 Objetivo Secundários.....	15
2.3 PRESSUPOSTO.....	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES.....	16
2.6 DELINEAMENTO.....	17
3 SISTEMAS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS.....	19
3.1 COMPONENTES INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA.....	20
3.1.1 Subsistema de Abastecimento.....	21
3.1.2 Subsistema de Reservação.....	22
3.1.3 Subsistema de Distribuição.....	22
3.1.3.1 Subsistema Direto de Distribuição.....	23
3.1.3.2 Subsistema Indireto de Distribuição.....	23
3.1.3.3 Subsistema Misto de Distribuição.....	25
3.2 MEDIÇÃO DE VAZÃO.....	25
3.2.1 Medição Coletiva.....	26
3.2.2 Medição Individualizada.....	27
3.2.2.1 Redução no Consumo.....	28
3.2.2.2 Legislação.....	29
3.3 APARELHOS CONTROLADORES DE VAZÃO.....	30
3.3.1 Hidrômetros para Água Fria.....	31
3.3.2 Hidrômetros para Água Quente.....	32
3.3.3 Posicionamento dos Hidrômetros Individuais.....	33
4 SOLUÇÕES DE PROJETO COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA QUENTE.....	35
4.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO PRIVADO.....	35
4.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO.....	37
5 DIRETRIZES DE PROJETO PARA A EDIFICAÇÃO ANALISADA.....	40
5.1 GEOMETRIA DA EDIFICAÇÃO.....	40

5.2 DEFINIÇÕES DE CONCEPÇÃO.....	41
6 PROJETOS DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA COM SISTEMA DE AQUECIMENTO.....	43
6.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIVIDUAL.....	43
6.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO.....	48
6.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO COM RECIRCULAÇÃO DE RAMAL.....	55
7 ANÁLISE DOS CUSTOS.....	58
7.1 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO.....	58
7.2 ANÁLISE ENERGÉTICA.....	61
7.3 ANÁLISE DE CONSUMO.....	62
7.4 ANÁLISE GLOBAL.....	
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A.....	69
APÊNDICE B.....	73
APÊNDICE C.....	76
APÊNDICE D.....	84

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, muito se discute sobre a provável escassez de água potável nas próximas décadas. Contudo, pouco é feito no intuito de informar e conscientizar a população da real situação hídrica do Planeta. Segundo Victorino (2007, p. 82), as residências brasileiras desperdiçam 78% da água doméstica. Usando como exemplo um banho de chuveiro, 60 litros de água tratada vão para o ralo a cada 15 minutos.

Entretanto poucas são as medidas tomadas para resolver o problema. No âmbito civil, a individualização da medição de água é uma medida que pode ser implementada nesse instante na maioria dos prédios residenciais dos grandes núcleos urbanos como a melhor perspectiva de mudança imediata. Utilizando um sistema exato de medição de consumo de água a consciência do morador comum pode mudar. A informação precisa do consumo possibilita uma analogia direta entre o valor da conta e o incremento do consumo que pode ser caracterizado pelo uso imprudente da água ou pelo aumento do número de habitantes na unidade. Além disso, a comparação imediata com os meses anteriores e médias e objetivos mundiais, permite criar uma consciência ambiental que antes não era possível devido à falta de informação que o sistema anterior de rateio entre as unidades promovia. Mesmo para aqueles sem nenhum senso de responsabilidade ambiental, a individualização induz a diminuição do consumo uma vez que o consumidor não tem mais o vizinho para dividir seu desperdício. Mas, mesmo assim, grandes edificações não contemplam essa necessidade iminente da população e, os que dão os primeiros passos em direção a individualização, esquecem de contemplar todas as necessidades.

Usando como parâmetro algumas das maiores cidades do sul do Brasil, se pode notar um padrão de temperaturas muito baixas durante o inverno, o que torna peremptório o projeto e dimensionamento adequado de tubulação de água quente para satisfazer as necessidades dessa população. Mas qual a melhor solução para uma precisa medição individualizada e integração entre os sistemas de água fria quanto de água quente?

Uma opção seria a instalação de aquecedores de passagem em cada uma das unidades habitacionais. Dimensionando um ponto de água fria para alimentar esse tipo de aquecedor, que por sua vez iria fornecer água aquecida para esse ramal de água quente dentro do próprio

apartamento. Nessa hipótese é utilizado um só hidrômetro para água quente e fria, o mesmo considerando em um sistema de medição individual só para água fria.

Outra alternativa seria o sistema de aquecimento por acumulação, no qual o equipamento é abastecido diretamente da caixa d'água e dele partem todas as tubulações de água quente. No entanto, em um sistema desse tipo a água vai parar no cano e inevitavelmente esfriar. Segundo Carvalho (2010, p. 57-58):

O tempo de espera para chegada da água aquecida aos pontos de utilização é um fator delicado a ser observado mesmo em sistemas convencionais de aquecimento central e que tende a ser agravado com a implantação de SMI [sistema de medição individualizada]. A água aquecida que fica parada no interior das tubulações quando a rede está fechada tende a esfriar dentro da tubulação. Esta perda térmica depende de diversos fatores da instalação, tais como, material e espessura da parede da tubulação, diâmetro da tubulação, existência, tipo e espessura de isolamento térmico e a temperatura do ar externo.

A fim de otimizar o tempo de espera e a perda térmica, diversas possibilidades de projetos podem ser contempladas. Nessas hipóteses seria necessária a utilização de pelo menos dois hidrômetros sendo um para água fria e outro para a quente.

Com esta pesquisa, pretende-se estimar os custos dessas diferentes alternativas de projeto hidráulico com medição individualizada incluída nessa o consumo de água quente. Assim como uma análise comparativa entre sustentabilidade e eficiência das diferentes soluções estudadas, possibilitando uma melhor adequação do sistema à demanda dos habitantes da edificação em que o mesmo será instalado.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

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

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: com base nos custos de instalação, funcionamento e consumo dos sistemas hidráulicos prediais com medição individualizada de água quente, quais são os custos práticos para a escolha entre as diferentes possibilidades de projeto?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos s a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a comparação entre os custos de instalação, funcionamento e consumo de cada um dos diferentes sistemas hidráulicos prediais propostos com medição individualizada de água quente.

2.2.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário deste trabalho é escolha da opção de sistema hidráulico predial com medição individualizada de água quente que melhor atende a edificação proposta, ao se levar em conta os custos de instalação, manutenção e consumo.

2.3 PRESSUPOSTO

Como pressuposto desta pesquisa, são consideradas válidas as orientações da NBR 5626/1998 e da NBR 7198/1993 bem como seus procedimentos e recomendações na elaboração de projetos.

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 é composto por seis apartamentos e foram consideradas as instalações de água fria e água quente.

2.5 LIMITAÇÕES

As limitações da pesquisa são:

- a) os preços dos materiais foram levantados junto a distribuidores locais;
- c) os custos de mão de obra foram avaliados considerando que correspondem a 45 % do custo do material utilizado em cada um dos sistemas. Essa aproximação é baseada na parcela relativa à mão de obra sobre o CUB (custo unitário básico) R8-N¹;
- d) valores relativos ao consumo e custo da água, bem como os custos de manutenção desses sistemas, foram provenientes de bibliografia específica;
- e) 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;
- f) as tubulações de água fria destinadas ao uso condominial foram desprezadas por não acarretarem em diferença significativa ao custo total;
- g) os custos de operação do sistema de MI foram desprezados. Isto se deve ao fato que essa função pode ser absorvida por outro funcionário ou até mesmo pelo síndico.

¹Segundo a NBR 12721 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 15), é um edifício composto por garagem, pilotis e sete pavimentos tipo.

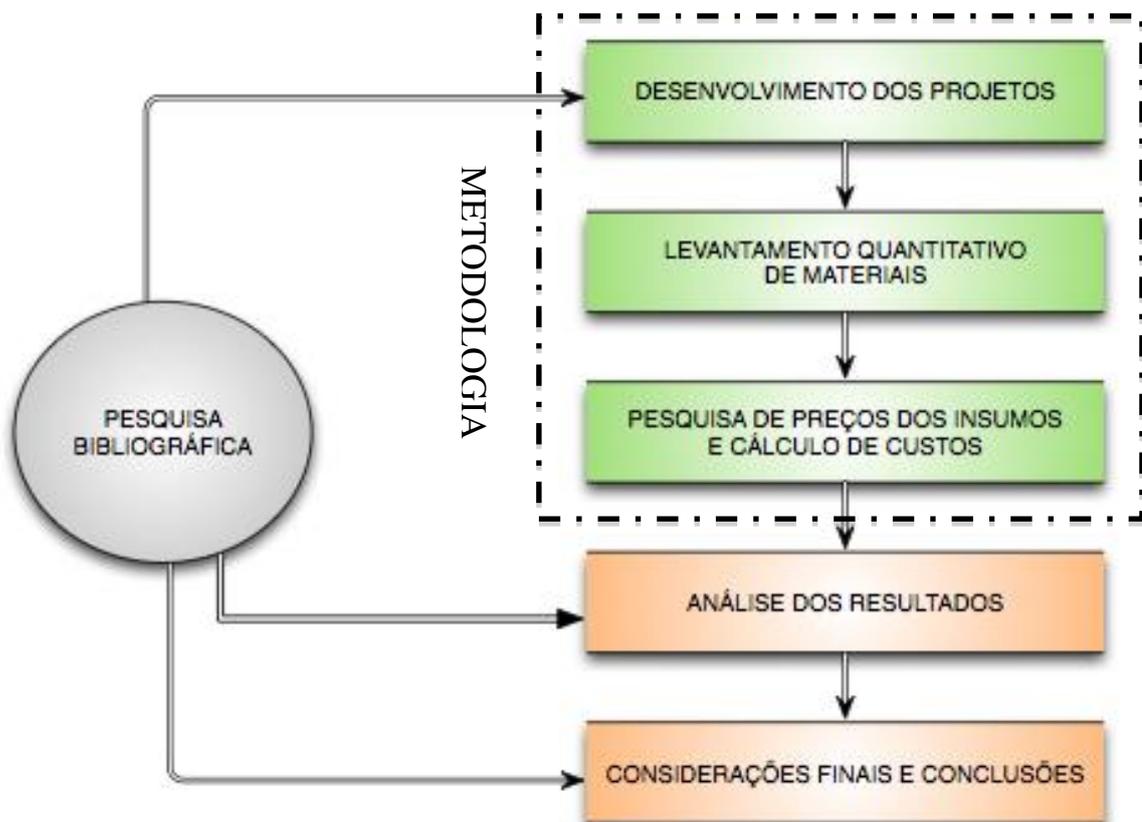
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir e são descritas nos próximos parágrafos:

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

A figura 1 ilustra as etapas do delineamento desse trabalho. Através desta, fica mais claro a sequência das atividades do projeto de pesquisa e a interação entre elas.

Figura 1 – Diagrama de etapas de pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

O trabalho teve seu início com a pesquisa bibliográfica. Etapa que proporcionou uma imersão no tema e um esclarecimento nas questões tratadas. A leitura aprofundada das normas e de manuais específicos permitiu uma familiarização com os procedimentos de projeto hidráulico e as particularidades dos sistemas com medição individualizada de água.

Na sequência, foram desenvolvidos os projetos fundamentais para a pesquisa. A edificação proposta para o estudo foi arquitetonicamente projetada para comportar um sistema de individualização de água. Os projetos de água fria e quente foram elaborados pelo autor. Para uma melhor visualização e apresentação do projeto, foram desenvolvidos modelos 3D da edificação e do sistema de abastecimento de água no programa *Revit* 2013. Uma vez definida a trajetória das tubulações pelo modelo, o dimensionamento foi feito em planilha *Excel* segundo as orientações da NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA, 1998).

O levantamento quantitativo de materiais foi facilitado por ferramentas internas ao próprio *Revit*. Visto que foram obtidas as bitolas adequadas através do dimensionamento por planilha eletrônica, uma adequação ao modelo foi necessária para que os levantamentos gerados pelo *Revit* fossem precisos.

Foi realizada uma pesquisa de preços e insumos em distribuidores específicos desse tipo de material na região de Porto Alegre a fim de uma melhor aproximação dos valores praticados no contexto local. Orçamentos foram gerados individualmente e detalhados visando uma melhor visão do custo total e como ele é distribuído ao longo do sistema.

A partir dos orçamentos gerados anteriormente, se iniciou a fase de comparação dos resultados. Com base nessa comparação entre os custos de cada etapa na instalação desse sistema, foram tiradas conclusões quanto à relevância de cada etapa no custo final instalação. Permitindo uma análise precisa da viabilidade da implantação em função do nível de qualidade e economia esperados para a edificação proposta. Enfim, foram feitas as últimas considerações e conclusões sobre o resultado do trabalho de pesquisa.

3 SISTEMAS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

As instalações hidráulicas prediais de água, segundo Tanaka (1976, p. 3), são compostas pelo conjunto de tubulações, conexões, peças, aparelhos e acessórios, que permitem levar a água da rede pública até os pontos de consumo ou utilização na edificação. Nessa definição nada mudou desde a década de 1970, porém, o modo como as pessoas utilizam esse sistema e a disponibilidade de água mudou bastante. Com a população mundial crescendo a passos largos, o horizonte, em que haverá uma grave escassez de recursos naturais, parece cada vez mais perto. Segundo Victorino (2007, p. 17):

O crescimento da população mundial e da produção, associado ao consumo insustentável, impõe pressões cada vez mais intensas sobre o meio ambiente. Torna-se necessário desenvolver estratégias para mitigar esses impactos, pois está prevista uma população superior a oito bilhões de pessoas para o ano de 2020: 65% em áreas litorâneas e 60% em cidades com mais de 2,5 milhões de pessoas.

Como engenheiros, cabe-nos a adaptação das instalações prediais às estratégias de mitigação dos impactos ambientais de modo a contemplar todas as necessidades do usuário do sistema. O Brasil se destaca no cenário mundial como um país em desenvolvimento, por isso pode ser esperado um grande aumento dos níveis de consumo doméstico de água nos próximos anos. A urbanização iminente resultará no aumento da demanda por unidades habitacionais (VICTORINO, 2007, p. 17).

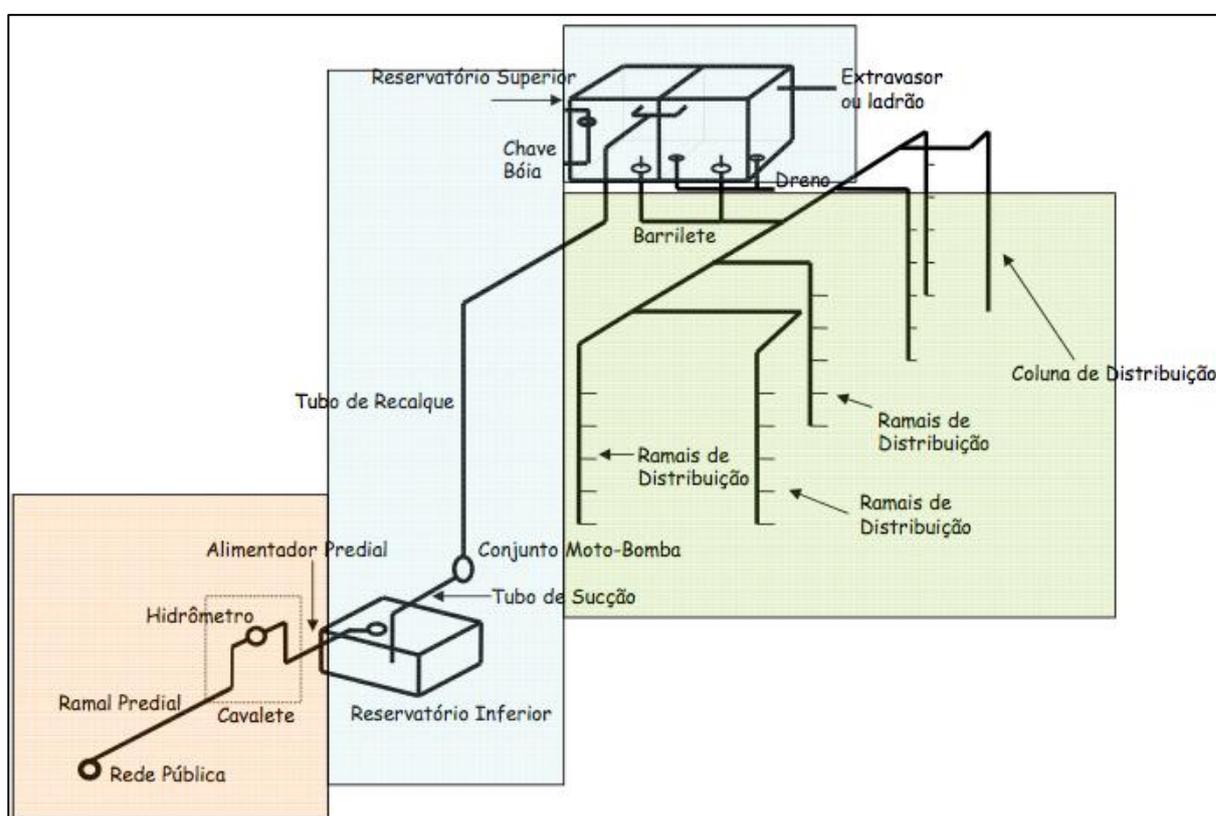
Na sequência do trabalho, são caracterizados os componentes de um sistema hidráulico com o intuito de definir os sistemas de distribuição existentes, possibilitando a escolha do mais pertinente para esse projeto de pesquisa. Também é feita a distinção entre os métodos de medição existentes, além da análise de suas vantagens e desvantagens. Ao final desse capítulo, será feita a classificação dos aparelhos usados para o controle de vazão, quanto a seus aspectos técnicos e práticos, para água fria e quente.

3.1 COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

Segundo a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 4), uma instalação predial de água fria é um sistema destinado a conduzir água fria entre a fonte de abastecimento e os pontos de utilização. Para melhor compreensão do conjunto, ele foi dividido em três partes, que estão representados na figura 2 pelas cores laranja, azul e verde, respectivamente, ou seja, subsistema:

- a) abastecimento;
- b) reservação;
- c) distribuição.

Figura 2 – Componentes de um sistema hidráulico predial



(fonte: trabalho não publicado²)

O primeiro, compreende o trecho de tubulação entre o distribuidor público de água até a primeira derivação em um sistema direto de distribuição, ou até a válvula de flutuador (torneira de boia) à entrada de um reservatório em um sistema indireto de distribuição. O subsistema de reservação é inexistente em um sistema direto de distribuição, geralmente

²Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Juan Martin Bravo no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS para o curso de Engenharia Civil em 2012/2.

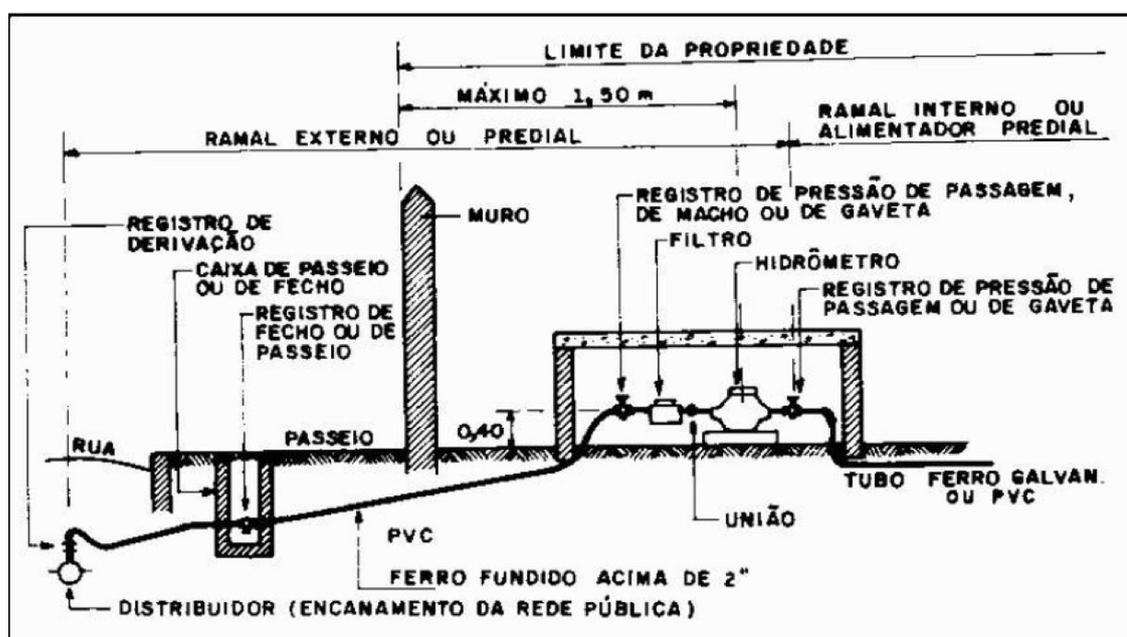
utilizado em casas, mas está presente na imensa maioria das instalações hidráulicas usuais em prédios e edifícios. É constituído pelo reservatório inferior, instalação elevatória e reservatório superior.

O último, é denominado como rede predial de distribuição pela NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 5). A mesma o define como o “Conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização.”. Assim, esses subsistemas são detalhados nos próximos itens.

3.1.1 Subsistema de Abastecimento

Segundo Macintyre (1996, p. 2), o abastecimento de água é feito a partir do encanamento distribuidor público por meio de um ramal predial, o qual compreende o ramal predial propriamente dito, ou ramal externo, e o alimentador predial, ou ramal interno de alimentação. A figura 3 ilustra os limites expostos acima.

Figura 3 – Ramal predial com colar de tomada de PVC



(fonte: MACINTYRE, 1996, p. 6)

Ainda segundo o mesmo autor, o ramal predial externo tem seu começo na ligação com a rede e termina logo após o aparelho medidor de descarga ou hidrômetro, o qual é considerado

como parte integrante do trecho externo. Esse aparelho é instalado em um cavalete, que é um conjunto de componentes hidráulicos compostos pelo próprio hidrômetro, registros e filtro. Cada municipalidade adota e exige a sua própria modalidade de cavalete. O ramal interno tem início após o medidor de consumo e termina na entrada de um reservatório ou na primeira derivação caso o sistema de abastecimento seja do tipo direto.

3.1.2 Subsistema de Reservação

A necessidade e configuração do sistema de reservação, depende do subsistema de abastecimento escolhido que por sua vez depende diretamente das características da instalação predial e do contexto no qual está inserido. No próximo item, são apresentadas as diferentes possibilidades de distribuição interna, além de indicar as características do subsistema de reservação necessários para cada método estudado. Por hora são descritos os componentes básicos nesse subsistema.

Um subsistema indireto pode exigir a presença de reservatórios inferior e superior. O primeiro tem como função reservar a água que vai ser bombeada até o segundo que, por sua vez, a distribuirá até os pontos de consumo (MACINTYRE, 1996, p. 21).

A instalação elevatória é definida, pela NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 4), como responsável pelo recalque dessa água entre os reservatórios. Ela é formada pelo conjunto de bombas hidráulicas, canalizações de sucção e de recalque. A água é succionada do reservatório inferior, pelas bombas hidráulicas, até o reservatório superior através da canalização de recalque.

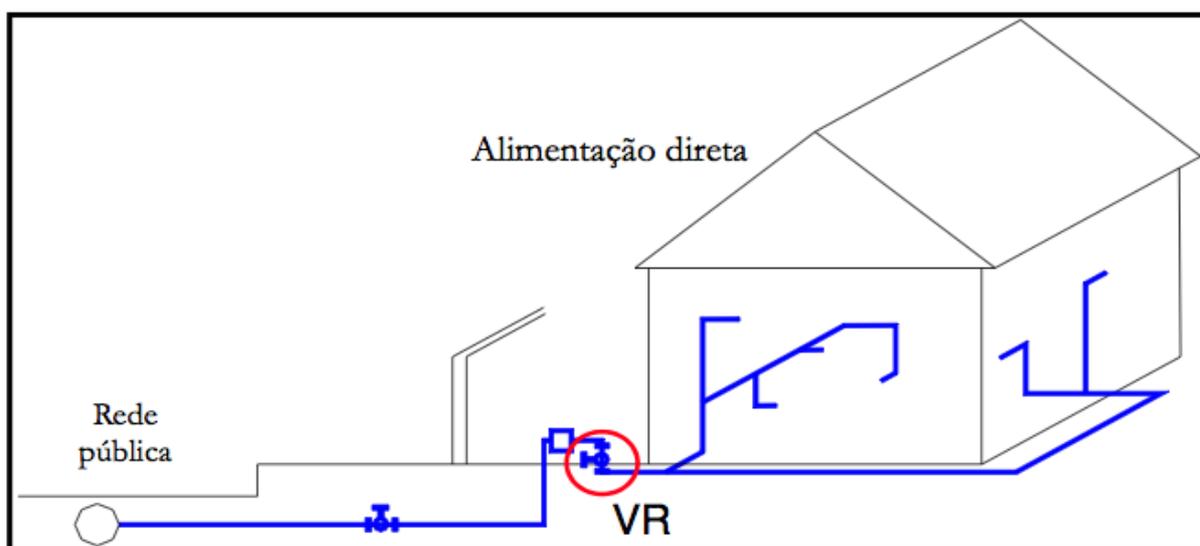
3.1.3 Subsistema de Distribuição

A escolha de um subsistema de abastecimento, em detrimento de outro, é feita considerando as características de pressão da rede pública de abastecimento e das da demande de pressão do projeto de instalações hidráulicas. De acordo com a existência ou não de uma divisão definida entre as redes interna da edificação e a pública, os subsistemas de distribuição são classificados em sistemas direto, indireto e misto (MACINTYRE, 1996, p. 9).

3.1.3.1 Subsistema Direto de Distribuição

Em um subsistema direto, a alimentação da rede interna de distribuição é feita diretamente pelo alimentador predial como ilustrado na figura 4. É peremptória a presença de pressão suficiente na rede de abastecimento público, uma vez que não há nenhum reservatório na edificação. Nesse caso a distribuição é feita de forma ascendente. Por não exigir a presença de um subsistema de reservação, possui menor custo de instalação (MACINTYRE, 1996, p. 11).

Figura 4 – Subsistema direto de distribuição



(fonte: trabalho não publicado³)

Entretanto, sua utilização é limitada à pressão da rede, além de ser muito vulnerável à descontinuidade de fornecimento. Por esse motivo, é necessária a instalação de uma válvula retentora (VR), para evitar que a água presente na rede interna da edificação retorne à rede pública em caso de descontinuidade de fornecimento. Além disso, variações de pressão diárias devido a picos de maior ou menor consumo na rede são rapidamente percebidos pelo usuário. Golpe de aríete pode ser outra consequência dessa variação de pressão, comprometendo a integridade do sistema.

3.1.3.2 Subsistema Indireto de Distribuição

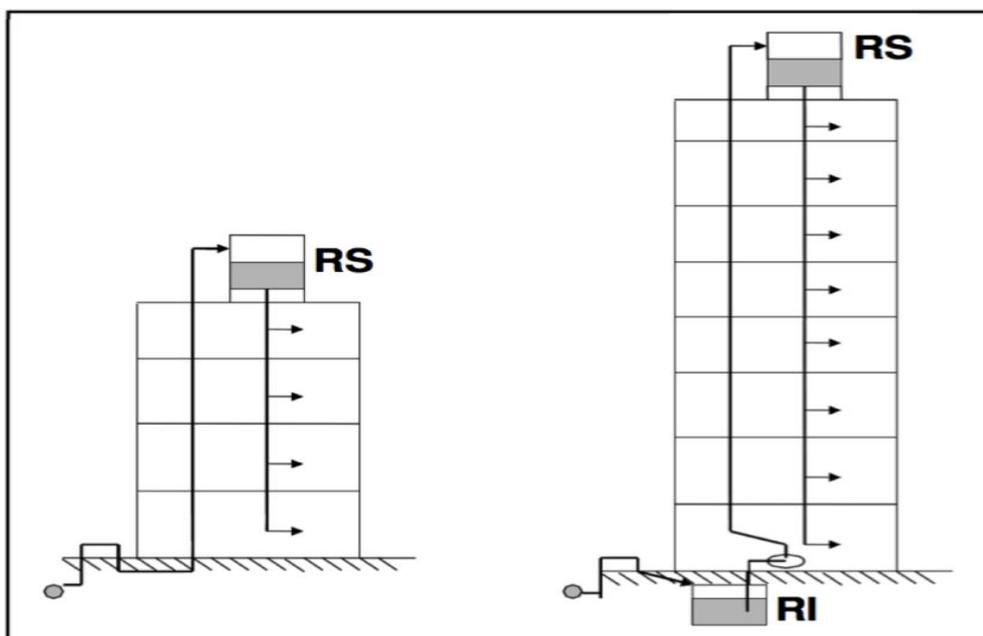
Um subsistema indireto de distribuição é adotado para fazer frente às variações de pressão na rede pública decorrentes de picos de consumo durante o dia e também em consequência de intermitência ou irregularidade no abastecimento. Um subsistema de reservação é a forma de

³ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Juan Martin Bravo no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS

absorver essas variações, permitindo maior controle das pressões de utilização e conferindo maior confiabilidade ao conjunto hidráulico. A escolha de um sistema desse tipo possibilita que a rede pública seja dimensionada para atender à vazão média ao invés da máxima, que pode atingir quase três vezes a descarga média, demandada pela edificação (MACINTYRE, 1996, p. 9-10).

Segundo Creder (1990, p. 5), a alimentação dos pontos de utilização é feita de forma descendente a partir de um reservatório superior. Esse, por sua vez, pode ser alimentado pela rede pública ou por um reservatório inferior. Dessa forma que é possível distinguir os dois tipos de distribuição indireta citados pelo autor como ilustrado pela figura 5.

Figura 5 – Subsistemas indireto de distribuição sem e com bombeamento



(fonte: MACINTYRE, 1996, p. 6)

A primeira alternativa é utilizada quando há pressão suficiente para alimentar o reservatório elevado. Seu emprego é limitado pela pressão da rede, prédios baixos e residências são os que melhor se adequam a essa restrição. Entretanto, quando a pressão demanda é maior que a obtida através da rede, a segunda opção é a mais indicada. Nela a instalação predial fica totalmente independente da pressão da rede de abastecimento, criando um ambiente mais controlável para o projetista e mais confiável para o usuário.

Assim como delimitado anteriormente, esse trabalho de diplomação foi desenvolvido com base em um edifício de 7 pavimentos, portanto, a opção com ambos reservatório é a mais indicada para atender a demanda dessa edificação. Entretanto, como explicitado anteriormente nas limitações desse estudo, a análise está restringida ao subsistema de abastecimento, visto que, para a análise do impacto da medição individualizada no sistema de água quente não importa como ela chega até o reservatório elevado.

3.1.3.3 Subsistema Misto de Distribuição

Na prática, não é comum um subsistema puramente indireto de distribuição, uma vez que, pontos de utilização de uso condominial, como os que são usados para abastecer a torneira do jardim, se encontram no térreo a poucos metros do ramal interno de alimentação. Por motivos econômicos, a alimentação desses aparelhos é feita de forma direta, enquanto as unidades habitacionais continuam sendo providas de água indiretamente. Assim configurando um sistema misto de distribuição (MACINTYRE, 1996, p. 11).

3.2 MEDIÇÃO DE VAZÃO

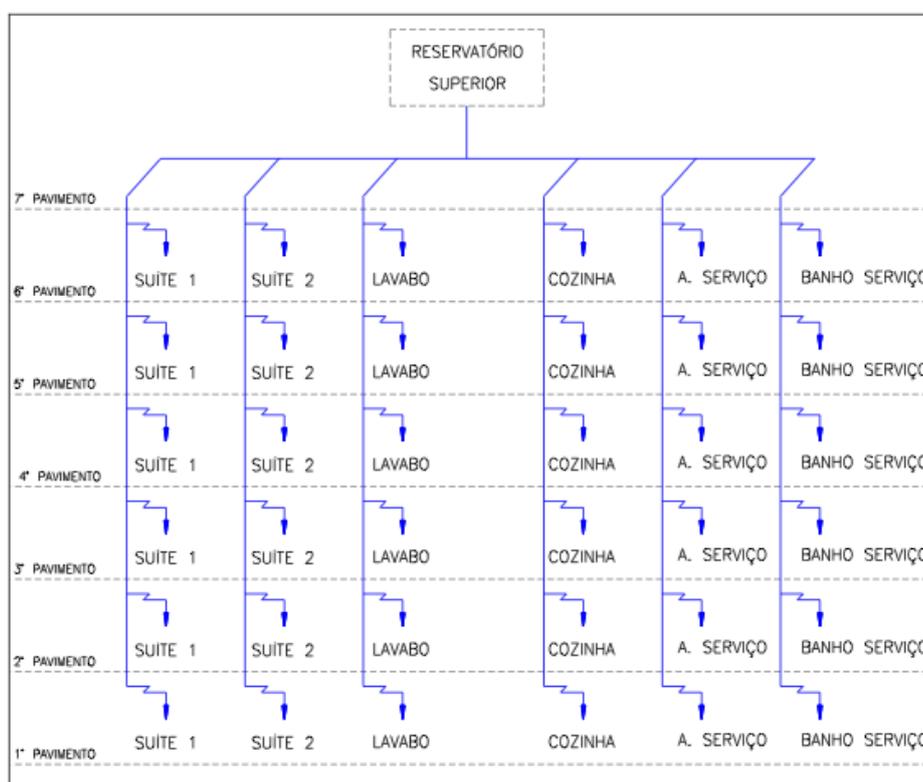
Esse estudo visa a busca de alternativas de projeto de instalações hidráulicas prediais que promovam a economia de água através da implantação da medição individualizada. Portanto, nesse item, é feita a classificação das edificações quanto ao método adotado para a medição do volume de água.

Os sistemas de medição coletiva (MC), tradicional, e de medição individualizada (MI), contemporâneo, possuem diferentes diretrizes de projeto e execução. Segundo Schmitz (2012, p 23), tais divergências refletem em diferentes custos globais de construção, consumo de água, manutenção e operação de sistemas. Contudo, a NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) não faz menção quanto ao modo de medição a ser escolhido, deixando a cargo de leis municipais complementares, decretos, planos diretores ou do projetista a tarefa de estabelecer as diretrizes exigidas em cada municipalidade. Essas formas de medição, coletiva e individualizada, assim com a legislação vigente sobre o tema, é abordada nos próximos subitens.

3.2.1 Medição Coletiva

Em uma instalação predial tradicional, com MC, a água sai do reservatório superior, através do barrilete, e alimenta as colunas de água fria. Essas, por serem totalmente verticais, distribuem água para uma mesma área hidráulica nos diferentes pavimentos da edificação (por exemplo, uma cozinha em cada andar) sem nenhuma diferenciação quantitativa de consumo entre as unidades habitacionais, assim como exemplifica a figura 6. A característica principal desse sistema é a existência de somente um controle de consumo de água, independente do número de unidades consumidoras abastecidas pela ligação predial.

Figura 6 – Medição Coletiva (MC)



(fonte: CARVALHO, 2010, p. 10)

Esse método apresenta um menor consumo de material, pois a existência de uma coluna de água em cada área hidráulica propicia a quase inexistência de trechos horizontais, e sua instalação é prática, devido a grande familiarização da mão de obra existente com seus procedimentos. Mas, um sistema MC é ultrapassado, de acordo com a afirmação de Yamada et al. (2001, p. 12):

Existe grande despreocupação e desconhecimento por parte da população que reside em habitações com medição coletiva, frente às ações de economia e racionalização da utilização da água. Esse grande descaso das ações, e todos os hábitos de consumo de água são justificados pela forma injusta de rateio da conta total de água dos blocos, a qual acaba incentivando a população a consumir de acordo com suas necessidades, sem estar consciente do seu consumo individual real, já que este não é medido, sendo, portanto, cobrado injustamente.

3.2.2 Medição Individualizada

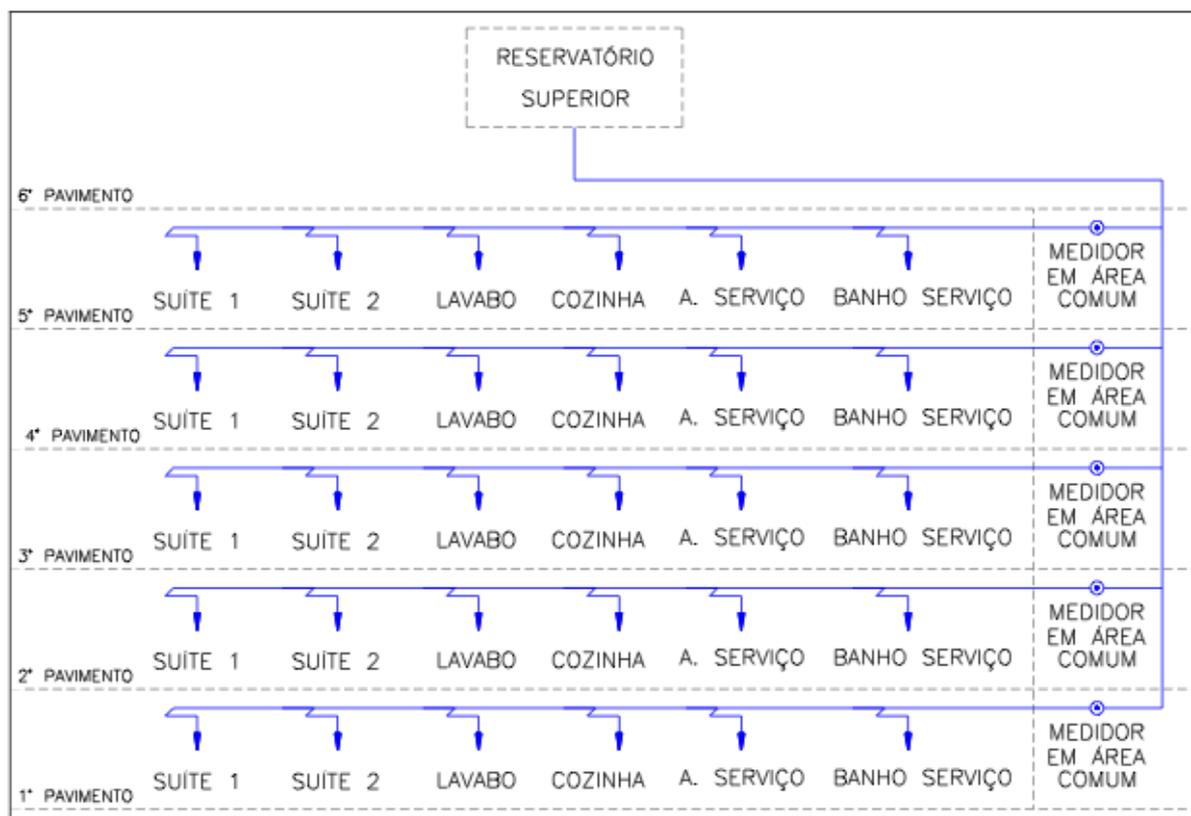
Basicamente, em um sistema predial de MI, há um hidrômetro destinando a medir o consumo de cada apartamento com a finalidade de emitir contas individuais. Elimina a necessidade de aproximação do valor consumido a partir da área da economia ou número de habitantes e gera uma maior conscientização do usuário através da informação precisa do seu uso da água. Soluciona o maior problema identificado em um sistema com MC, como apresentado anteriormente.

Segundo Carvalho (2010, p. 9), o projeto de um sistema individualizado de medição desencadeia uma série de alterações no fluxo habitual de projeto e execução dessas instalações. O traçado da tubulação de água, dentro e fora do apartamento toma uma forma mais horizontal, assim como ilustrado na figura 7, em comparação a um sistema MC visto anteriormente.

Os hidrômetros são geralmente agrupados na área social do andar em espaço projetado especificamente para sua instalação. Devido a esse fato, a distribuição dessa tubulação entre as economias é feita pelo forro, de forma aérea. Segundo Carvalho (2010, p. 13), um estudo de traçado deve ser feito a fim de minimizar o impacto na estética e no custo de instalação. Grande parte desse custo extra de instalação é devido à necessidade de instalação de um forro de gesso ou equivalente para esconder esse trecho suspenso. Pequenas modificações de traçado, podendo alterar significativamente os gastos com forração.

Na sequência do trabalho, são apresentados tópicos diretamente ligados à individualização da medição de água. São apresentados fatos que comprovam a redução no consumo de água em instalações individualizadas, além de abordar a legislação em voga no Brasil sobre o assunto.

Figura 7 – Medição coletiva (MC)



(fonte: CARVALHO, 2010, p. 10)

3.2.2.1 Redução no Consumo

Segundo Yamada et al. (2001, p. 1-2), a existência de um sistema de medição individualizada de água, faz com que o usuário passe a adquirir maior consciência do seu consumo de água, uma vez que o valor da sua conta é diretamente proporcional ao seu consumo. Logo, a economia decorre quase que espontaneamente, ou seja, sem qualquer aplicação de metodologia de conservação de água. O monitoramento individual do consumo confere maior agilidade ao sistema através da atribuição de facilidades para detecção e verificação de vazamentos e, portanto, menores prejuízos nas ações de intervenção de manutenção no condomínio como um todo.

É difícil precisar o tamanho exato da redução de consumo em função da implantação de um sistema individualizado de medição, pois as características dos usuários, tanto no contexto social e cultural, mas também no financeiro e econômico, devem ser consideradas em aplicações de metodologias de conservação de água. Entretanto, estudos comprovam que os

índices de consumo, após individualização, podem variar em módulo, porém são constantes em indicar a redução no consumo de água.

Segundo estudo realizado por Silva (2010, p. 86), o impacto no consumo de água, nos edifícios populares no estado da Bahia, foi equivalente a uma redução de 22,1% nos índices de consumo. Ainda segundo o autor:

[...] a implantação da medição individualizada em prédios situados em cidades da África do Sul possibilitou uma redução do consumo em torno de 27%; na cidade de Guarulhos, uma redução de 14,5%; na Região Metropolitana de Recife, de 31,72% e na Região Metropolitana de Goiânia, em torno de 25%.

3.2.2.2 Legislação

Na teoria, a adoção de um sistema individualizada parece indiscutível. Contudo, na prática, essa solução entra em conflito com a decisão do construtor que entende que a individualização não é fator decisivo na venda, além de onerar muito os custos com material hidráulico. Há também aqueles que preferem manter diretrizes de projetos antigas com as quais estão acostumados e acabam esperando que o mercado incorpore de vez a mudança para então pensar diferente (CARVALHO, 2010, p. 15).

A NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA, 1998) não define a obrigatoriedade da implantação de sistemas de medição individualizada, deixando a cargo do poder legislativo essa tarefa. Em Porto Alegre, o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas foi instituído pelo Decreto n. 16.305 (PORTO ALEGRE, 2009).

Segundo esse Decreto:

Art. 7º as instalações hidrossanitárias dos condomínios deverão ser projetadas e executadas de forma a permitir a medição individualizada.

§ 1º A aquisição, instalação e manutenção dos medidores, bem como o rateio e a cobrança dos consumos individuais serão da responsabilidade do condomínio, cabendo ao DMAE {Departamento Municipal de Água e Esgoto} a leitura, emissão e entrega de uma única conta relativa ao ramal predial cadastrado.

Na prática, as unidades de consumo devem ser projetadas para receber o sistema de individualização, entretanto, aos olhos da concessionária, existe somente uma conta e somente

um hidrômetro, deixando o rateio sob a responsabilidade do condomínio ao emitir somente a conta do consumo global. Situação diferente da que acontece no estado de Pernambuco, estado pioneiro na implantação de medição individualizada, sendo que a Lei n. 16759 (RECIFE, 2002) indica que:

Art. 1º Nos edifícios e condomínios com mais de uma unidade de consumo independente da categoria de usuários a que pertençam; residenciais, comerciais, públicos, mistos e da área das unidades deverão ser dotados de sistema de medição individual de consumo de água, cujos projetos de construção não tenham sido protocolado no órgão competente do município até a data de vigência desta Lei.

§ 1º A implantação de medição individual de água por unidade de consumo, obrigatória, não dispensa a necessidade de medição global do consumo do edifício ou condomínio, com a emissão de contas individuais por unidade de consumo e para o condomínio.

[...]

Parágrafo Único - A manutenção do sistema individual de água é de única e exclusiva responsabilidade do usuário, competindo ao órgão ou entidade prestadora do serviço público de abastecimento de água a manutenção do equipamento de medição global do edifício ou condomínio e dos medidores individuais, conforme estabelecido em legislação específica.

A situação da cidade de Recife é um caso a parte no Brasil. No começo dos anos 90, à beira de um colapso no fornecimento, o município implantou atitudes extremas de racionamento de água. Segundo Coelho e Maynard (1999, p. 21), o programa de medição individualizada começou, de forma incipiente, em 1994. Em 1999, já eram emitidas pela Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) cerca de 40.000 contas individuais para água e esgoto.

3.3 APARELHOS CONTROLADORES DE VAZÃO

Um hidrômetro tem como função básica medir e indicar continuamente o volume de água que o atravessa. O principal desafio, ao dimensionar um hidrômetro, é fazer com que a maior parte da vazão passante esteja entre a mínima e máxima de funcionamento. Vazões menores que a mínima, ou maiores que a máxima fazem com que a o hidrômetro expresse valores com

erros maiores do que os estabelecidos por norma. Comercialmente, são vendidos de acordo com a sua vazão nominal, como indica a tabela 1 (CARVALHO, 2010, p. 33).

Tabela 1 – Vazão nominal de hidrômetros definida pelo Inmetro

Classes Metrológicas	VAZÃO NOMINAL (m ³ /h)									
	0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2000)

A Portaria n. 246 do Inmetro, classifica os hidrômetros, quanto à sua classe metrológica, como A, B e C. A maior precisão é obtida pelos de categoria C, perdendo exatidão nos de categoria B e assim por diante. As classe A, B e C apresentam confiabilidade para valores de vazão mínima de até 4, 2 e 1%, respectivamente, da vazão nominal. Vale lembrar também que a vazão máxima é o dobro da vazão nominal (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2000).

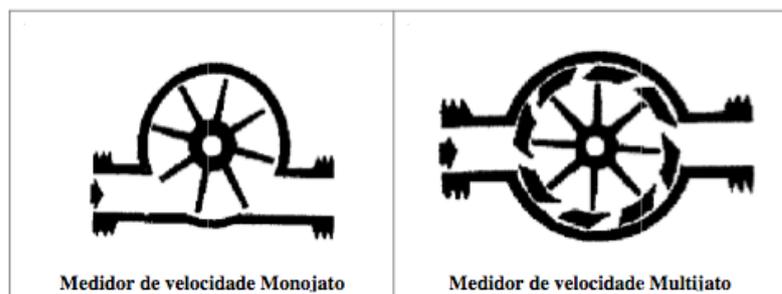
3.3.1 Hidrômetros para Água Fria

No âmbito mais amplo, os hidrômetros são classificados, quanto ao seu princípio de funcionamento, como velocímetros ou volumétricos. O primeiro funciona de forma indireta, contando o número de revoluções de uma turbina ou hélice devido à passagem de água. Baseado na aferição do hidrômetro é feita uma correlação do número de giros com a vazão real que é registrada no dispositivo totalizador (CARVALHO, 2010, p. 25-26).

Os hidrômetros mais utilizados no Brasil em instalações prediais são os velocimétricos. São usualmente classificados como monojato e multijato devido ao modo que o jato de água provoca o movimento das turbinas na câmara de medição. Na figura 8, é possível visualizar a forma de incidência do fluxo da água na turbina de um hidrômetro velocímetro (SILVA, 2010, p. 16-17).

Já nos volumétricos, não existe uma turbina e sim um êmbolo ou anel. Esse recipiente é preenchido com a passagem do fluido, e transportado à saída do medidor através da diferença de pressão, que é maior na entrada do que na saída. O dispositivo totalizador é ativado por revoluções do embolo no seu próprio eixo (CARVALHO, 2010, p. 25).

Figura 8 – Classificação comercial de hidrômetros de velocimétricos



(fonte: SILVA, 2010, p. 16)

3.3.2 Hidrômetros para Água Quente

A Portaria n. 246 do Inmetro, que regulamenta as condições que um hidrômetro deve satisfazer, no item 6.3.2, indica que “Durante cada ensaio a temperatura da água deve se situar sempre entre $+1^{\circ}\text{C}$ e $+40^{\circ}\text{C}$, e a variação de sua temperatura não deve exceder a 5°C , medida com incerteza de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.”. Isto quer dizer que não há regulamentação para a produção de hidrômetros de água quente, uma vez que as temperaturas usuais em um sistema de aquecimento superam os 40°C estabelecido pela norma como limite de funcionamento (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2000).

Quando da especificação de um hidrômetro para água quente, o projetista deve observar as diretrizes impostas pela concessionária, com relação às condições de funcionamento, e os catálogos do fabricante (CARVALHO, 2010, p. 57). Segundo Brasília ([2012?], p. 20-21):

Os hidrômetros que serão utilizados para a individualização das ligações prediais de água quente deverão ter vazão máxima de $3\text{ m}^3/\text{h}$, podendo ser monojato ou multijato, diâmetro de $3/4''$, classe B, (tanto na posição horizontal quanto na posição vertical) de transmissão magnética, diâmetro de $3/4''$, pré-equipado para transmissão remota, 20/32 mostrador seco, totalizador ciclométrico com dígitos saltantes, máxima temperatura admissível 90°C , pressão máxima de 16 bar [...].

Vale lembrar que a disponibilidade de faixas de vazão para hidrômetros de água quente é mais restritiva do que as opções usuais para água fria. Normalmente, os fabricantes produzem esses hidrômetros com detalhes em vermelho na sua carcaça de modo a facilitar sua identificação.

3.3.3 Posicionamento dos Hidrômetros Individuais

O local de instalação dos hidrômetros é um dos aspectos principais de um projeto de medição individualizada de água em apartamentos. Essa escolha deve ser feita em harmonia com a forma de faturamento e o processo de leitura que é utilizado, se leitura direta ou indireta (COELHO; MAYNARD, 1999).

De acordo com Carvalho (2010, p. 47-49), localizar o grupo de hidrômetros no hall de cada pavimento é a solução melhor aceita entre construtores e projetistas em função de demandar uma instalação hidráulica simples. Essa escolha exige um processo de leitura direta, feita por, dependendo da legislação de cada município, funcionário do edifício ou da concessionária. Uma única prumada central, localizada na área de uso social do pavimento, alimenta um conjunto de hidrômetros em cada andar que distribui a água horizontalmente através de tubulação localizada no teto do apartamento ou pelo forro da unidade imediatamente abaixo. Essa é a forma utilizada no desenvolvimento dessa pesquisa e está ilustrada na figura 9.

Figura 9 – Posicionamento dos hidrômetros no hall de entrada



(fonte: foto do autor)

A forma indireta, feita eletronicamente, não necessita que a instalação do hidrômetro seja feita fora do apartamento, uma vez que a central de leitura pode ser concentrada em uma área externa ao prédio, ou no hall de entrada, evitando que o responsável por efetuar essa medição tenha acesso ao edifício. Entretanto, para tal, seria necessário o emprego de equipamentos com tecnologia diferenciada. Essa tecnologia já existente no Brasil, porém com custo elevado de aquisição e instalação, devido à demanda de eletrodutos específicos para a passagem de cabos. Por essa razão, o seu uso não será considerado nesse trabalho .

4 SOLUÇÕES DE PROJETO COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA QUENTE

Devido às particularidades de cada edifício, diversas são as ideias e soluções para as diferentes situações. Contudo, o mercado demanda por saídas de baixo custo e baixa necessidade de manutenção, tornando a implantação de sistemas, com concepção diferente da tradicional, um desafio para os projetistas (CARVALHO, 2010, p. 47).

Ao conceber sistemas de água quente, a temperatura é uma variável de projeto importantíssima que não é levada em conta ao se idealizar um projeto que contempla exclusivamente a água fria. Vale a pena ressaltar, que a temperatura em questão, é a percebida pelo usuário ao fazer uso de um ponto de utilização de água quente, e não a temperatura em que a água sai do aquecedor. Segundo Ilha et al. (2009), é necessário promover a recirculação e o reaquecimento dessa água, pois, não havendo demanda de água quente por um certo período de tempo, pode ocorrer a queda na temperatura a um nível tal que se torne praticamente fria e, conseqüentemente, incompatível com o desempenho esperado.

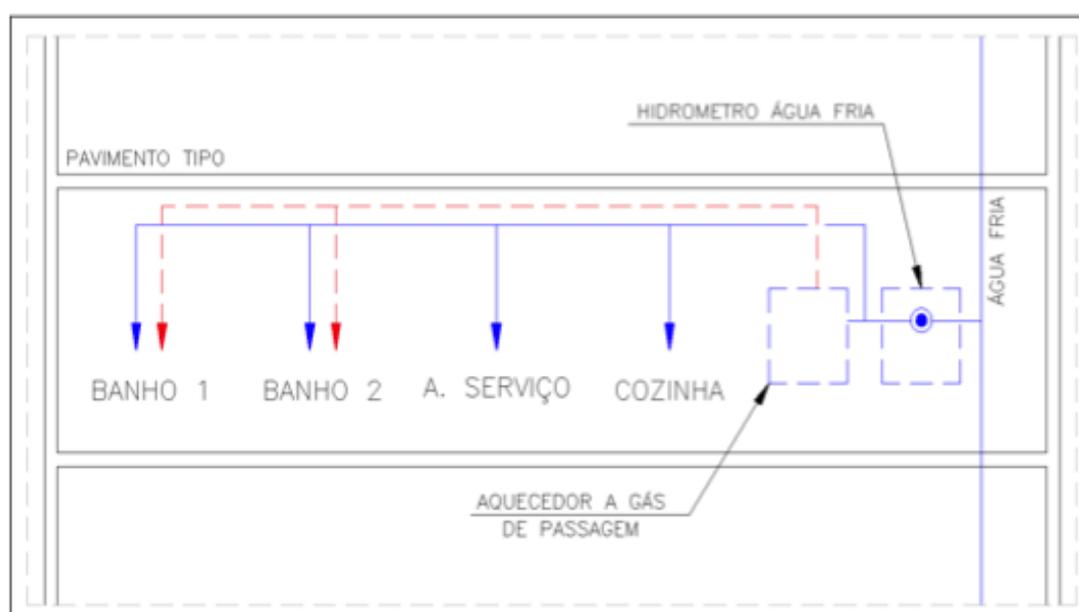
Além disso, dependendo do traçado da tubulação e do ponto em que acontece essa recirculação, o lapso de tempo excessivo à espera da água quente no ponto de utilização é indesejável pelo desconforto da demora e pelo desperdício de água fria escorrendo pelo ralo. A seguir, são apresentadas algumas soluções de projeto que visam a redução no consumo de água através da implementação de sistemas de medição individualizada levando em conta o impacto relativo ao sistema de aquecimento e suas características principais (CARVALHO, 2010, p. 13).

4.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO PRIVADO

Em apartamentos ou residências, a rede de água quente necessária não é muito grande, assim como as bitolas da tubulação envolvida. Embora a água do ramal esfrie invariavelmente em períodos sem demanda, é possível obter água aquecida nos pontos de utilização rapidamente. Dessa forma, dificilmente, unidades residenciais usuais necessitam a previsão de um sistema de recirculação de água quente (ILHA et al., 2009, p. 24).

Como ilustrado na figura 10, em um sistema privado de aquecimento, a medição é única e acontece somente na água fria, que possui ponto dimensionado para o abastecimento de um aquecedor de passagem ou acumulação, instalado no interior da economia. Esse, por sua vez, distribui água aquecida aos pontos de utilização através da rede de água quente também interna ao apartamento. Um ponto desfavorável a essa escolha é a ocupação de área útil da economia para a instalação do equipamento de aquecimento, além da necessidade de ventilação permanente nesse local caso o aquecedor funcione a gás. Em um apartamento de alto padrão, geralmente localizados onde o custo de metro quadrado é muito alto, esse sistema se torna inviável (CARVALHO, 2010, p. 73).

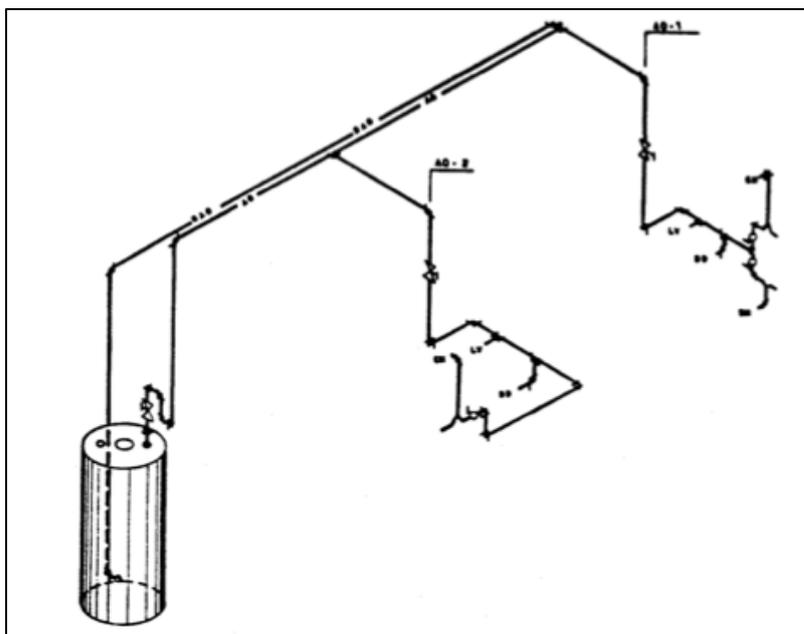
Figura 10 – Sistema de aquecimento privado



(fonte: CARVALHO, 2010, p. 72)

Segundo Ilha et al. (2009, p. 24), “[...], em apartamento e residências de alto padrão, dependendo da geometria do sistema de água quente, o tempo de espera pode resultar excessivamente longo, a ponto de causar desconforto aos usuários e desperdício de água, devido à temperatura inadequada.”. Desse modo, pode ser prevista a instalação de um ramal de recirculação interno à unidade habitacional. Da mesma forma, tal solução pode ser proposta, a fim de diminuir o tempo de espera em um apartamento pequeno, uma vez que o material necessário para sua instalação é pouco devido às dimensões da habitação. A figura 11 ilustra um sistema privado com recirculação, porém, utilizando um aquecedor de acumulação, diferente do ilustrado na figura anterior.

Figura 11 – Sistema de aquecimento privado com recirculação



(fonte: ILHA et al., 2009, p. 25)

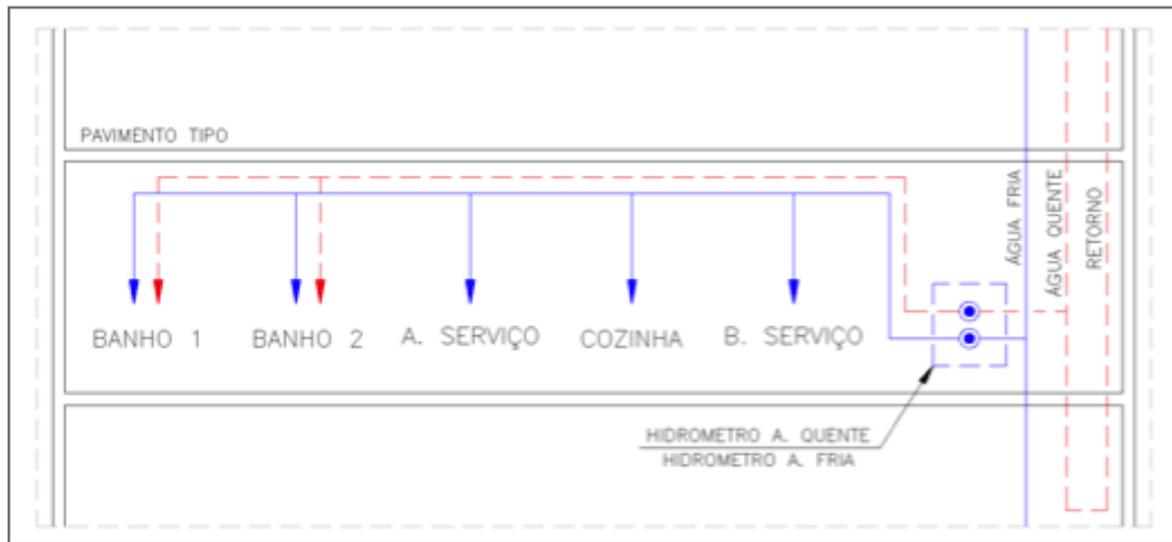
4.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO

Ao projetar edificações de alto padrão, nas quais não há intenção ou possibilidade de alocar espaço para um sistema privado, ou também há necessidade de um sistema mais eficiente e confiável, um sistema de aquecimento coletivo é uma opção. Nesse tipo de instalação, a responsabilidade da manutenção do aparelho de aquecimento é integralmente do condomínio, fazendo com que os custos de energia necessária para o funcionamento do aquecedor, que pode ser elétrico ou a gás, sejam rateados entre todos os moradores.

Esse equipamento pode ser instalado no topo do edifício, configurando uma distribuição descendente, ou no térreo, configurando uma distribuição ascendente. Essa distribuição é feita através de colunas de água quente que alimentam todos os andares. Assim como em um sistema de medição individualizada de água fria, a água passa pelo hidrômetro antes de entrar no apartamento para que ocorra a medição do fluxo consumido.

Para garantir a eficiência do sistema, assim como apresentado anteriormente, a recirculação e o reaquecimento de água são necessários para satisfação do usuário. As figuras 12 e 13 apresentam duas opções para o satisfação dessas exigências do sistema.

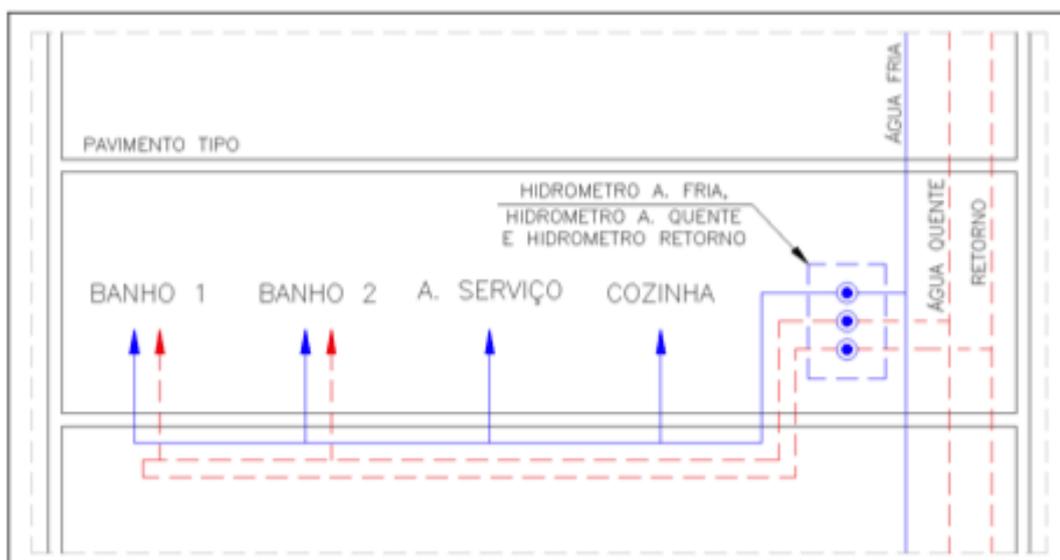
Figura 12 – Sistema de aquecimento coletivo com recirculação de coluna



(fonte: CARVALHO, 2010, p. 63)

A primeira promove a recirculação somente da coluna de distribuição de água quente, assumindo e ignorando a perda térmica a partir dessa coluna. O tempo de espera pode ser facilmente calculado dividindo o volume de água que existe desde a derivação até o ponto mais distante de consumo pela vazão estimada de água nesse ponto. O isolamento térmico nas tubulações é fator importante para esse tipo de solução (CARVALHO, 2010).

Figura 13 – Sistema de aquecimento coletivo com recirculação de coluna e ramal



(fonte: CARVALHO, 2010, p. 69)

A segunda tem o objetivo de diminuir ainda mais o tempo de espera, entretanto onerando a instalação de outro hidrômetro e maior consumo de material devido ao trecho interno de recirculação. Nesse caso a medição é feita subtraindo o volume de água que entra no apartamento do volume que sai da unidade para recirculação. Essa diferença representa o volume de água quente consumido pelo proprietário da economia (CARVALHO, 2010).

5 DIRETRIZES DE PROJETO PARA A EDIFICAÇÃO ANALISADA

Nesse capítulo são apresentadas: a geometria da edificação estudada e as definições de concepção adotadas. A arquitetura da edificação é preceito para planejamento de instalações hidráulicas, e deve ser bem analisada para a boa prática de projeto.

5.1 GEOMETRIA DA EDIFICAÇÃO

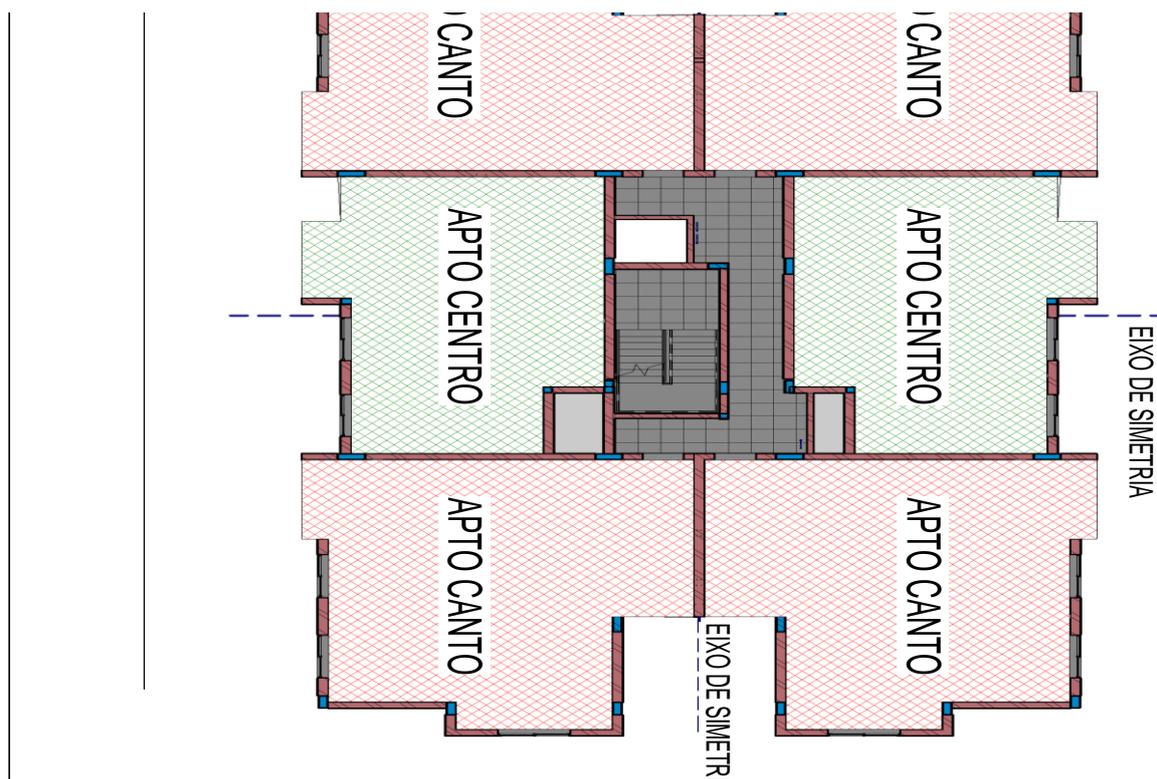
A edificação analisada tem a sua planta baixa ilustrada pela figura 14. Ela é composta de sete pavimentos com seis apartamentos por andar, totalizando quarenta e duas unidades consumidoras. São 28 unidades com setenta e três metros quadrados e 14 unidades com cinquenta e oito metros quadrados. A obra tem em total, dois mil oitocentos e cinquenta e seis metros quadrados privativos.

Figura 14 – Planta baixa pavimento tipo



(fonte: elaborada pelo autor)

A planta arquitetônica apresenta dois eixos de simetria: um horizontal e um vertical. Tal equivalência torna os apartamentos localizados nos cantos da planta, idênticos, assim como os



localizados no centro. A figura 15 ilustra esse fato. As demais plantas arquitetônicas da edificação estão disponíveis no apêndice A.

Figura 15 – Identificação de simetria no pavimento tipo

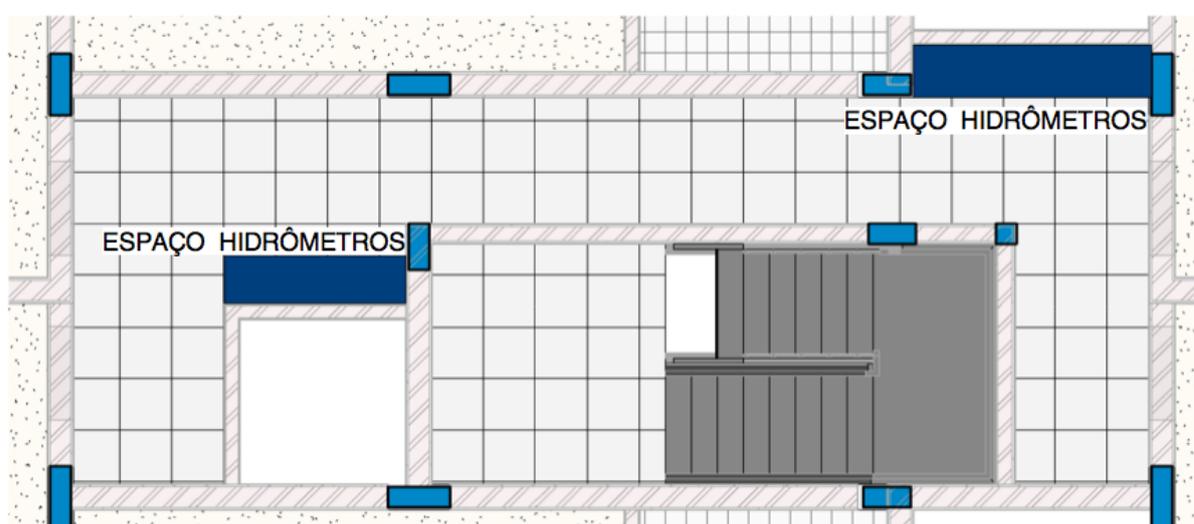
(fonte: elaborada pelo autor)

5.2 DEFINIÇÕES DE CONCEPÇÃO

Como diretriz principal de um sistema de medição individualizada de água, a água tem de ser medida antes de entrar na unidade consumidora. Assim como explicado anteriormente, de

forma à permitir o livre acesso aos hidrômetros, pelo funcionário encarregado de fazer essa leitura, foram escolhidos dois possíveis locais para a instalação desses equipamentos levando em conta a geometria apresentada pela edificação. A figura 16 indica os locais, na área de circulação de cada pavimento, escolhidos para a instalação dos hidrômetros.

Figura 16 – Localização dos hidrômetros na área social



(fonte: elaborada pelo autor)

6 PROJETOS DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA COM SISTEMA DE AQUECIMENTO

Nesse capítulo são apresentados os métodos de dimensionamento de cada projeto de medição individualizada de água quente. Além disso, os quantitativos de materiais necessários para a execução desses projetos são apresentados. Os tópicos acima citados afetam de forma direta o custo final de implantação de um projeto de instalações hidráulica, que é fator preponderante para que a posterior análise comparativa entre as opções de projeto estudadas expresse valores condizentes com a realidade.

6.1 SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIVIDUAL

Em um sistema desse tipo, o aquecimento é feito através de aquecedores de passagem. Ele é dito individual, pois cada unidade consumidora possui um aparelho que é responsável somente pelo aquecimento de água utilizada na habitação em questão. Um uma instalação leva ao fato da rede de água quente ser totalmente interna à unidade, dispensando a necessidade de um hidrômetro específico para a água quente. A água que abastece esse aquecedor foi medida pelo hidrômetro de água fria. Segundo a NBR 7198 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993, p. 4), fica a cargo do projetista avaliar as peculiaridades da instalação para a estimativa do consumo de água quente. Nesse trabalho, se optou por dimensionar os aquecedores para atender a metade dos pontos de utilização simultaneamente como mostra o quadro 1.

Quadro 1 – Demonstrativo Aquecedores Dimensionados para Sistema Individual

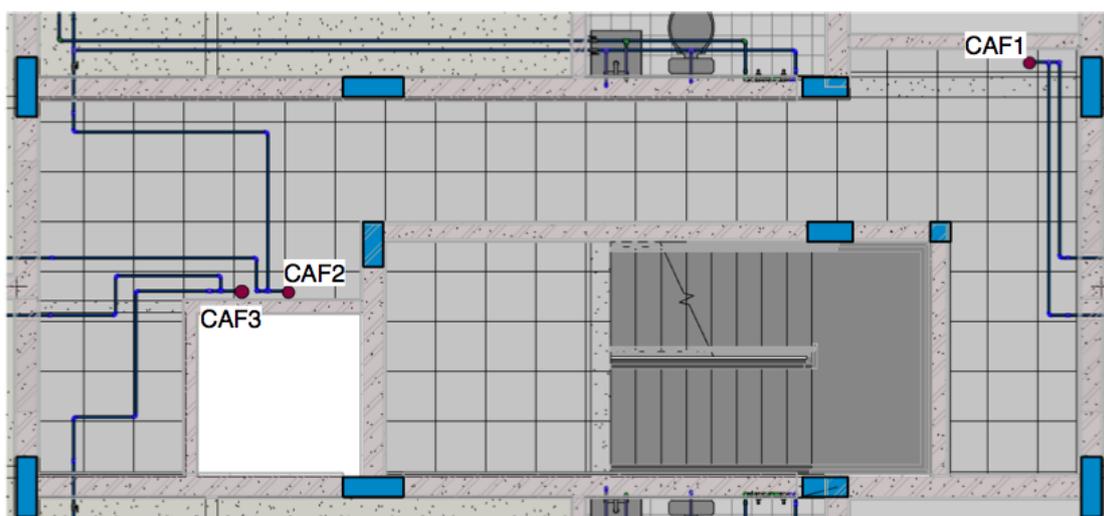
TIPO DE UNIDADE	VAZÃO TOTAL (l.min)	AQUECEDOR DE PASSAGEM
APARTAMENTO CENTRAL	30,12	BOSCH GHE 15l.min
APARTAMENTO CANTO	35,55	BOSCH GHE 20l.min

(fonte: elaborada pelo autor)

Para abastecer a edificação foram dimensionadas três colunas de água fria: CAF1, CAF2 e CAF3. Cada uma delas abastece 2 apartamento por andar. A primeira serve água à duas unidades de canto, a segunda e a terceira são iguais e alimentam uma unidade de canto e um apartamento central cada uma. Outras plantas e desenhos esquemáticos podem ser visualizados no apêndice B.

Uma vez conhecida a pressão residual disponível em cada coluna em cada andar, foi dimensionada o ramal que faz a distribuição horizontal em cada pavimento, ilustrado na figura 17. Foram feitos três dimensionamentos diferentes nessa etapa. Um para o sétimo pavimento, caso mais crítico onde a pressão é pequena, devido à reduzida diferença de cota entre o andar e a caixa d'água, outro para o sexto andar e o último para o terceiro andar. O primeiro dimensiona as tubulações somente do sétimo andar, o segundo dimensiona as tubulações do sexto, quinto e quarto pavimento e, o último, do terceiro pavimento e inferiores.

Figura 17 – Distribuição horizontal com sistema de aquecimento individual

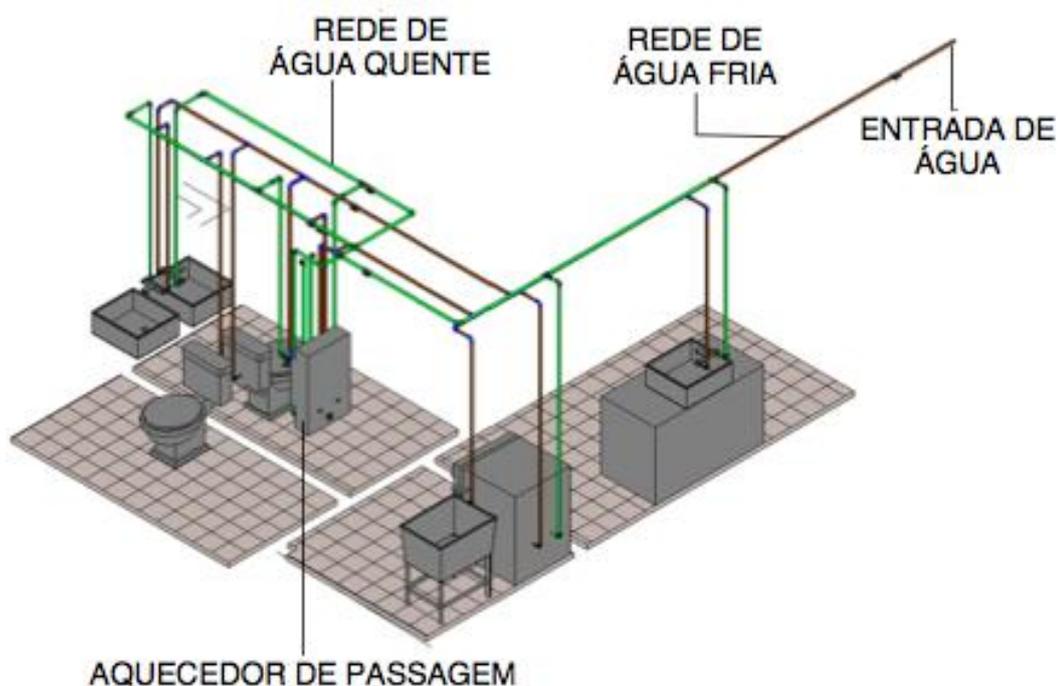


(fonte: elaborada pelo autor)

O traçado das tubulações foi mantido em todos os andares de modo a permitir, através de programação feita em tabela *excel*, a identificação dos casos críticos; isto é, unidades onde acontecem os menores valores de pressão residual disponível em cada pavimento. O dimensionamento da rede interna às unidades, ilustradas pelas figuras 18 e 19, foi feito a partir dos dados de pressão encontrados para os casos críticos, assegurando assim que a pressão seja suficiente em todos os pontos de utilização mesmo nos piores casos encontrados assim como em todos os pontos da rede de distribuição.

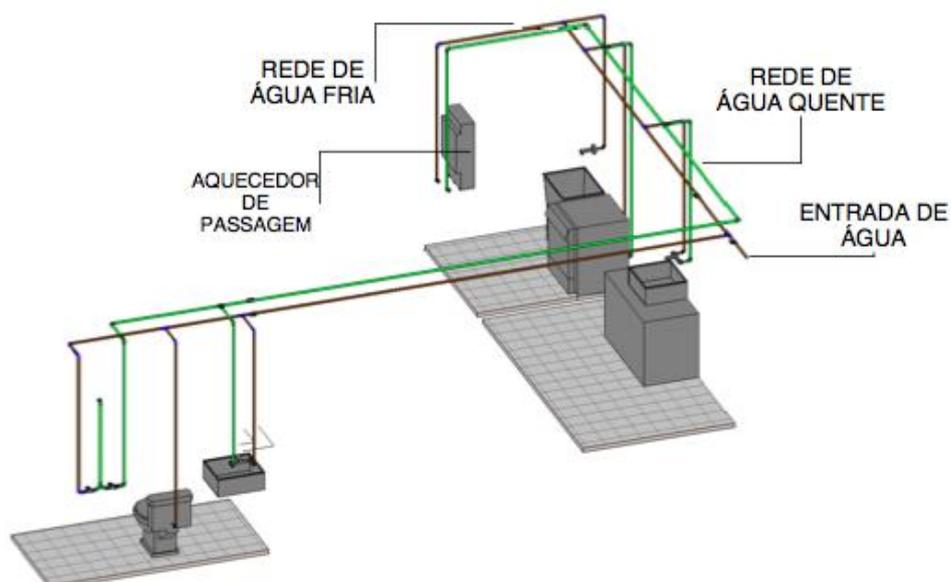
O quantitativo de material, quadro 2, para esse caso foi obtido através de ferramentas do software Revit 2013. Onde também foi gerado modelo 3D a fim de analisar a interferência entre as tubulações e de gerar as plantas e desenhos necessários para a ilustração da proposta.

Figura 18 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 19 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto



(fonte: elaborada pelo autor)

Quadro 2 – Quantitativo de material para sistema de aquecimento individual

SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIVIDUAL			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	Tamanho
TUBOS	309.31 m.	Tubo PPR PN20	20 mmø
TUBOS	493.77 m.	Tubo PPR PN20	25 mmø
TUBOS	200.16 m.	Tubo PPR PN20	32 mmø
TUBOS	525.9 m.	Tubo Soldável Marrom	20 mmø
TUBOS	513.78 m.	Tubo Soldável Marrom	25 mmø
TUBOS	291.96 m.	Tubo Soldável Marrom	32 mmø
TUBOS	26.15 m.	Tubo Soldável Marrom	40 mmø
TUBOS	19.44 m.	Tubo Soldável Marrom	50 mmø
TUBOS	9.35 m.	Tubo Soldável Marrom	60 mmø
TUBOS	25.42 m.	Tubo Soldável Marrom	75 mmø
REGISTROS	134 un.	Registro Esfera - 25 mm	25 mmø-25 mmø
REGISTROS	90 un.	Registro Esfera - 32 mm	32 mmø-32 mmø
REGISTROS	140 un.	Registro de Pressão - 3/4"	25 mmø-25 mmø
PPR	84 un.	Bucha de Redução, PPR	25 mmø-20 mmø
PPR	70 un.	Bucha de Redução, PPR	32 mmø-20 mmø
PPR	18 un.	Bucha de Redução, PPR	32 mmø-25 mmø
PPR	70 un.	Conector Macho, PPR	25 mmø-20 mmø
PPR	166 un.	Joelho 90° com Rosca Fêmea,	20 mmø-20 mmø
PPR	82 un.	Joelho 90° com Rosca Fêmea,	25 mmø-20 mmø
PPR	18 un.	Joelho 90° com Rosca Fêmea	32 mmø-20 mmø
PPR	154 un.	Joelho 90°, PPR	20 mmø-20 mmø
PPR	272 un.	Joelho 90°, PPR	25 mmø-25 mmø
PPR	120 un.	Joelho 90°, PPR	32 mmø-32 mmø
PPR	68 un.	Luva, PPR	25 mmø-25 mmø

continua

continuação

SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIVIDUAL			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	TAMANHO
PPR	16 un.	Tê de Redução Central, PPR	32 mmø-25 mmø
PPR	70 un.	Tê Misturador, PPR	25 mmø-25 mmø
PPR	96 un.	Tê Normal, PPR	25 mmø
PPR	70 un.	Tê Normal, PPR	32 mmø
SOLDÁVEL	70 un.	Adaptador Soldável Curto	25 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	210 un.	Bucha de redução soldável curta	25 mmø-20 mmø
SOLDÁVEL	65 un.	Bucha de redução soldável curta	32 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	8 un.	Bucha de redução soldável curta	40 mmø-32 mmø
SOLDÁVEL	6 un.	Bucha de redução soldável curta	50 mmø-40 mmø
SOLDÁVEL	4 un.	Bucha de redução soldável curta	60 mmø-50 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Bucha de redução soldável curta	75 mmø-60 mmø
SOLDÁVEL	266 un.	Joelho 90° soldável	20 mmø-20 mmø
SOLDÁVEL	334 un.	Joelho 90° soldável	25 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	104 un.	Joelho 90° soldável	32 mmø-32 mmø
SOLDÁVEL	10 un.	Joelho 90° soldável	40 mmø-40 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Joelho 90° soldável	50 mmø-50 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Joelho 90° soldável	75 mmø-75 mmø
SOLDÁVEL	266 un.	Joelho 90 bucha de latão	20 mmø-20 mmø
SOLDÁVEL	24 un.	Joelho 90 bucha de latão	25 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	18 un.	Joelho 90 bucha de latão	32 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	61 un.	Luva Soldável	25 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	18 un.	Luva Soldável	32 mmø-32 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Luva Soldável	40 mmø-40 mmø
SOLDÁVEL	6 un.	Luva Soldável	50 mmø-50 mmø
SOLDÁVEL	1 un.	Luva Soldável	60 mmø-60 mmø

continua

continuação

SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIVIDUAL			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	TAMANHO
SOLDÁVEL	56 un.	Tê de redução soldável	25 mmø-20 mmø
SOLDÁVEL	73 un.	Tê de redução soldável	32 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Tê de redução soldável	40 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	10 un.	Tê de redução soldável	50 mmø-32 mmø
SOLDÁVEL	2 un.	Tê de redução soldável	50 mmø-40 mmø
SOLDÁVEL	3 un.	Tê de redução soldável	75 mmø-50 mmø
SOLDÁVEL	165 un.	Tê soldável	25 mmø-25 mmø
SOLDÁVEL	63 un.	Tê soldável	32 mmø-32 mmø
AQUECIMENTO	84 un.	Engate flexível com registro	3/4"
AQUECIMENTO	28 un.	Aquecedores de passagem	20l/min
AQUECIMENTO	14 un.	Aquecedores de passagem	15l/min
HIDRÔMETROS	42 un.	Hidrômetro ÁGUA FRIA	5m3/h - Vazão nominal

(fonte: elaborada pelo autor)

6.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO

Em um sistema desse tipo, o aquecimento é feito através de aquecedores de acumulação, quadro 3. Ele é dito coletivo pois fornece água quente para todas as habitações consumidoras. Tal característica leva ao fato da rede de água quente ser instalada na área coletiva do prédio, da mesma forma da água fria, tendo que ser distribuída verticalmente entre os pavimentos e horizontalmente dentro de cada pavimento. A água quente também deve ser medida antes de entrar na unidade, onerando o custo da instalação com mais um hidrômetro.

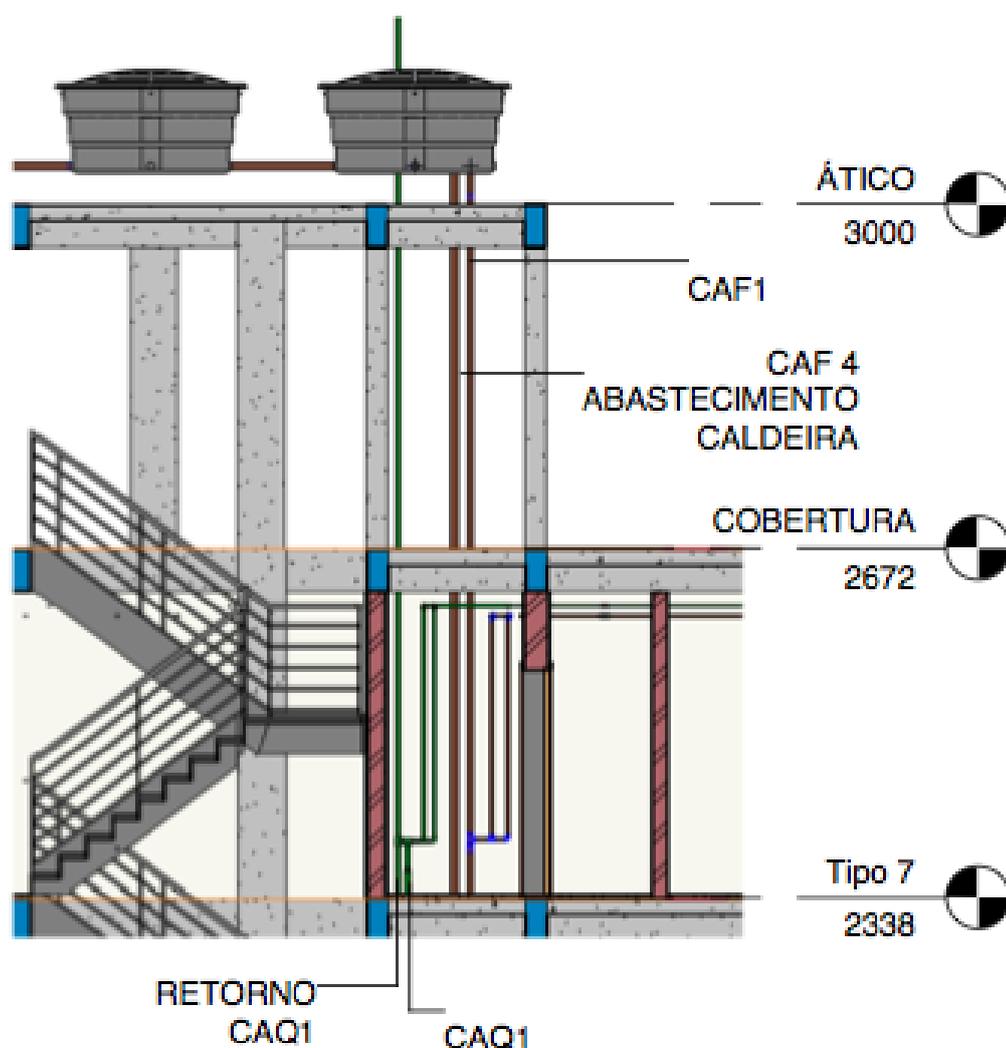
Quadro 3 – Demonstrativo aquecedores dimensionados para sistema coletivo

TIPO DE UNIDADE	POTÊNCIA DO QUEIMADOR	VOLUME RESERVAÇÃO	AQUECEDOR DE PASSAGEM
EDIFICAÇÃO INTEIRA	47000 kcal/h	2500L	EHZ 2500 -MORGANTI

(fonte: elaborada pelo autor)

O dimensionamento das tubulações foi de forma análoga ao método comentado anteriormente no sistema de aquecimento individual. Entretanto, se faz necessário o uso de uma coluna de água fria adicional, figura 20, para a alimentação direta do aquecedor localizado no pavimento térreo da edificação. A partir do aquecedor foram dimensionadas três colunas de água quente que abastecem as mesmas áreas hidráulicas das colunas de água fria. Essas colunas de distribuição de água quente são dotadas de um sistema de recirculação que movimenta essa água de volta ao reservatório de água quente, mantendo assim a temperatura constante na coluna. Outras plantas e desenhos podem ser visualizados no apêndice C.

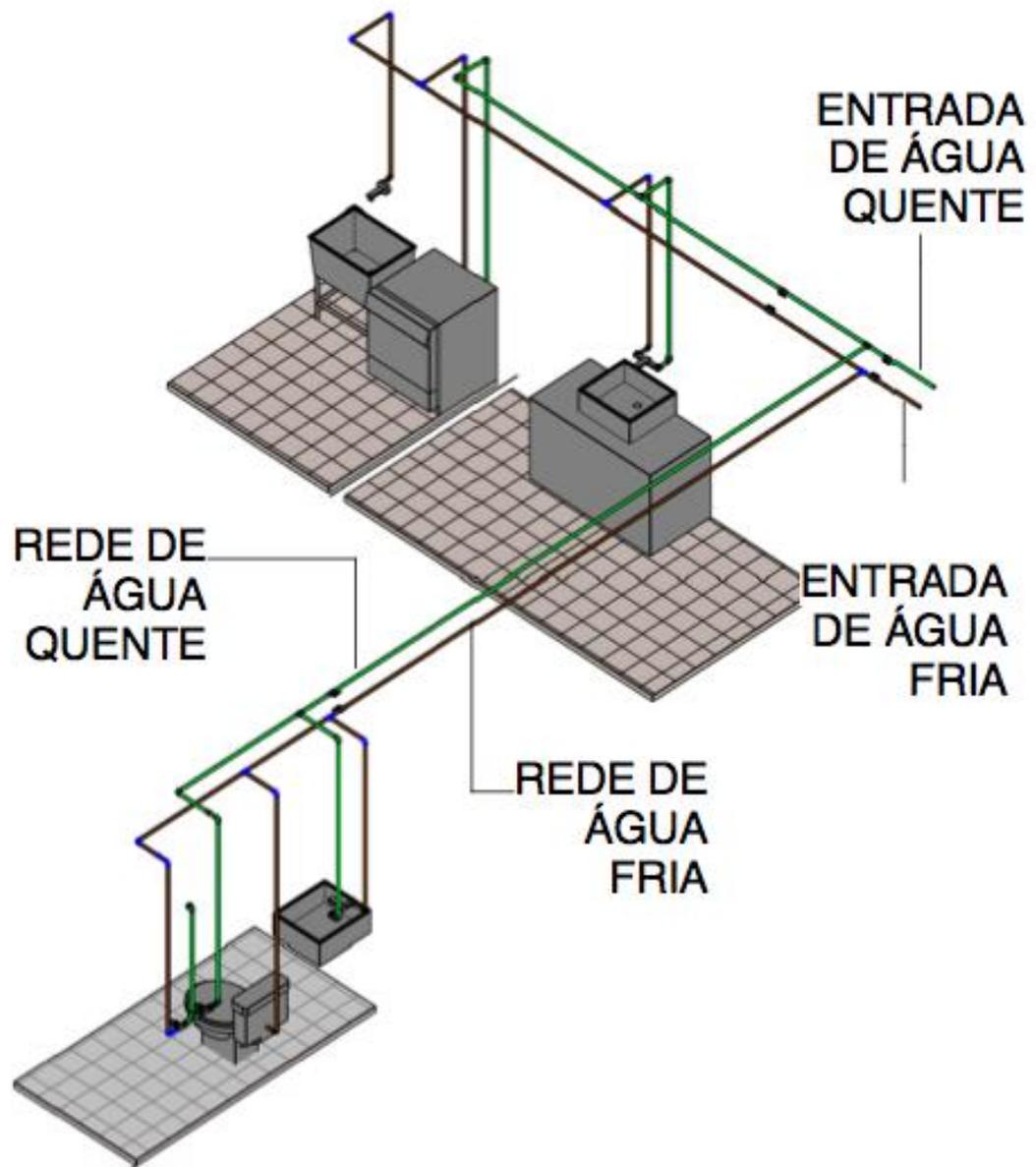
Figura 20 – Detalhe distribuição vertical aquecimento coletivo



(fonte: elaborada pelo autor)

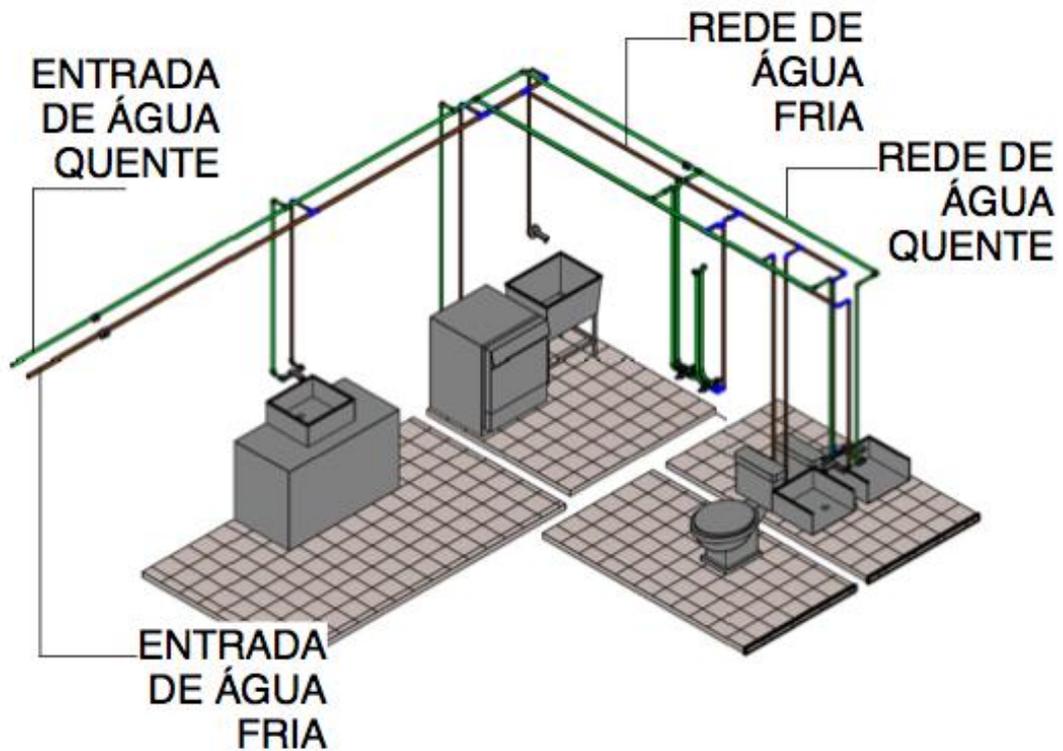
A tubulação, ilustrada pela figura 21 e 22, foi dimensionada de maneira diferente para os diferentes pavimentos, diminuindo a bitola na medida em que a pressão aumenta nos pavimentos mais baixos. Foi usado um padrão para o sétimo pavimento, outro para o quinto e sexto pavimento e um último para os demais andares. O quadro 4 fornece com precisão a lista de materiais necessários para a implantação de um sistema de aquecimento coletivo na edificação analisada.

Figura 21 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 22– Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto



(fonte: elaborada pelo autor)

Quadro 4 – Quantitativo de material para sistema de aquecimento coletivo

SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	TAMANHO
TUBOS	904.01 m	Tubo Soldável Marrom	20 mm ϕ
TUBOS	333.84 m	Tubo Soldável Marrom	25 mm ϕ
TUBOS	101.9 m	Tubo Soldável Marrom	32 mm ϕ
TUBOS	28.86 m	Tubo Soldável Marrom	40 mm ϕ
TUBOS	28.04 m	Tubo Soldável Marrom	50 mm ϕ
TUBOS	0.3 m	Tubo Soldável Marrom	60 mm ϕ
TUBOS	37.4 m	Tubo Soldável Marrom	75 mm ϕ

continua

continuação

SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	TAMANHO
REGISTROS	80 un.	Registro de Pressão - 1/2"	20 mmø-20 mmø
REGISTROS	60 un.	Registro de Pressão 3/4"	25 mmø-25 mmø
PPR	34 un.	Bucha de Redução, PPR	25 mmø-20 mmø
PPR	11 un.	Bucha de Redução, PPR	32 mmø-25 mmø
PPR	14 un.	Bucha de Redução, PPR	40 mmø-25 mmø
PPR	6 un.	Bucha de Redução, PPR	40 mmø-32 mmø
PPR	2 un.	Bucha de Redução, PPR	50 mmø-40 mmø
PPR	44 un.	Conector Macho, PPR	20 mmø-20 mmø
PPR	30 un.	Conector Macho, PPR	25 mmø-20 mmø
PPR	4 un.	Joelho 45°, PPR	32 mmø-32 mmø
PPR	198 un.	Joelho 90° com Rosca Fêmea,	20 mmø-20 mmø
PPR	30 un.	Joelho 90° com Rosca Fêmea,	25 mmø-20 mmø
PPR	306 un.	Joelho 90°, PPR	20 mmø-20 mmø
PPR	211 un.	Joelho 90°, PPR	25 mmø-25 mmø
PPR	44 un.	Joelho 90°, PPR	32 mmø-32 mmø
PPR	6 un.	Joelho 90°, PPR	40 mmø-40 mmø
PPR	9 un.	Joelho 90°, PPR	50 mmø-50 mmø
PPR	40 un.	Luva, PPR	20 mmø-20 mmø
PPR	54 un.	Luva, PPR	25 mmø-25 mmø
PPR	14 un.	Luva, PPR	32 mmø-32 mmø
PPR	11 un.	Luva, PPR	40 mmø-40 mmø
PPR	16 un.	Luva, PPR	50 mmø-50 mmø
PPR	36 un.	Tê de Redução Central, PPR	25 mmø -20 mmø
PPR	1 un.	Tê de Redução Central, PPR	32 mmø-25 mmø
PPR	1 un.	Tê de Redução Central, PPR	50 mmø - 32 mmø

continua

continuação

SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO				
LINHA	QUANTIDADE		DESCRIÇÃO	TAMANHO
PPR	19 un.		Tê de Redução Central, PPR	50 mm ϕ - 40 mm ϕ
PPR	40 un.		Tê Misturador, PPR	20 mm ϕ -20 mm ϕ
PPR	30 un.		Tê Misturador, PPR	25 mm ϕ -25 mm ϕ
PPR	104 un.		Tê Normal, PPR	20 mm ϕ -20 mm ϕ
PPR	54 un.		Tê Normal, PPR	25 mm ϕ
PPR	8 un.		Tê Normal, PPR	32 mm ϕ -
PPR	2 un.		Tê Normal, PPR	40 mm ϕ
PPR	3 un.		Tê Normal, PPR	50 mm ϕ -
Soldável	44 un.		Adaptador Soldável Curto	20 mm ϕ -20 mm ϕ
Soldável	30 un.		Adaptador Soldável Curto	25 mm ϕ -25 mm ϕ
Soldável	78 un.		Bucha de redução soldável curta	25 mm ϕ -20 mm ϕ
Soldável	38 un.		Bucha de redução soldável curta	32 mm ϕ -25 mm ϕ
Soldável	4 un.		Bucha de redução soldável curta	40 mm ϕ -32 mm ϕ
Soldável	3 un.		Bucha de redução soldável curta	50 mm ϕ -40 mm ϕ
Soldável	3 un.		Bucha de redução soldável curta	60 mm ϕ -50 mm ϕ
Soldável	2 un.		Bucha de redução soldável curta	75 mm ϕ -60 mm ϕ
Soldável	442 un.		Joelho 90° soldável	20 mm ϕ -20 mm ϕ
Soldável	193 un.		Joelho 90° soldável	25 mm ϕ -25 mm ϕ
Soldável	57 un.		Joelho 90° soldável	32 mm ϕ -32 mm ϕ
Soldável	2 un.		Joelho 90° soldável	60 mm ϕ -60 mm ϕ
Soldável	4 un.		Joelho 90° soldável	75 mm ϕ -75 mm ϕ
Soldável	266 un.		Joelho 90° bucha de latão	20 mm ϕ -20 mm ϕ
Soldável	40 un.		Luva Soldável	20 mm ϕ -20 mm ϕ
Soldável	30 un.		Luva Soldável	25 mm ϕ -25 mm ϕ
Soldável	15 un.		Luva Soldável	32 mm ϕ -32 mm ϕ

continua

continuação

SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	TAMANHO
Soldável	6 un.	Luva Soldável	40 mmø-40 mmø
Soldável	6 un.	Luva Soldável	50 mmø-50 mmø
Soldável	64 un.	Tê de redução soldável	25 mmø-20 mmø
Soldável	18 un.	Tê de redução soldável	32 mmø-25 mmø
Soldável	6 un.	Tê de redução soldável	40 mmø-25 mmø
Soldável	2 un.	Tê de redução soldável	40 mmø-32 mmø
Soldável	6 un.	Tê de redução soldável	50 mmø-32 mmø
Soldável	1 un.	Tê de redução soldável	75 mmø-50 mmø
Soldável	168 un.	Tê soldável	20 mmø
Soldável	58 un.	Tê soldável	25 mmø
Soldável	10 un.	Tê soldável	32 mmø
Soldável	1 un.	Tê soldável	40 mmø
Soldável	1 un.	Tê soldável	75 mmø
REGISTROS	144 un.	Registro Esfera - 20 mm	20 mmø-20 mmø
REGISTROS	96 un.	Registro Esfera - 25 mm	25 mmø-25 mmø
REGISTROS	4 un.	Registro Esfera - 32 mm	32 mmø-32 mmø
HIDRÔMETROS	28 un.	Hidrômetro ÁGUA FRIA	5m ³ /h - Vazão nominal
HIDRÔMETROS	14 un.	Hidrômetro ÁGUA FRIA	3.5m ³ /h -Vazão nominal
HIDRÔMETROS	28 un.	Hidrômetro ÁGUA QUENTE	5m ³ /h - Vazão nominal
HIDRÔMETROS	14 un.	Hidrômetro ÁGUA QUENTE	3.5m ³ /h -Vazão nominal
TUBOS	722.28 m	Tubo PPR PN20	20 mmø
TUBOS	453.44 m	Tubo PPR PN20	25 mmø
TUBOS	70.9 m	Tubo PPR PN20	32 mmø
TUBOS	52.86 m	Tubo PPR PN20	40 mmø
TUBOS	71.36 m	Tubo PPR PN20	50 mmø

(fonte: elaborada pelo autor)

6.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO COLETIVO COM RECIRCULAÇÃO DE RAMAL

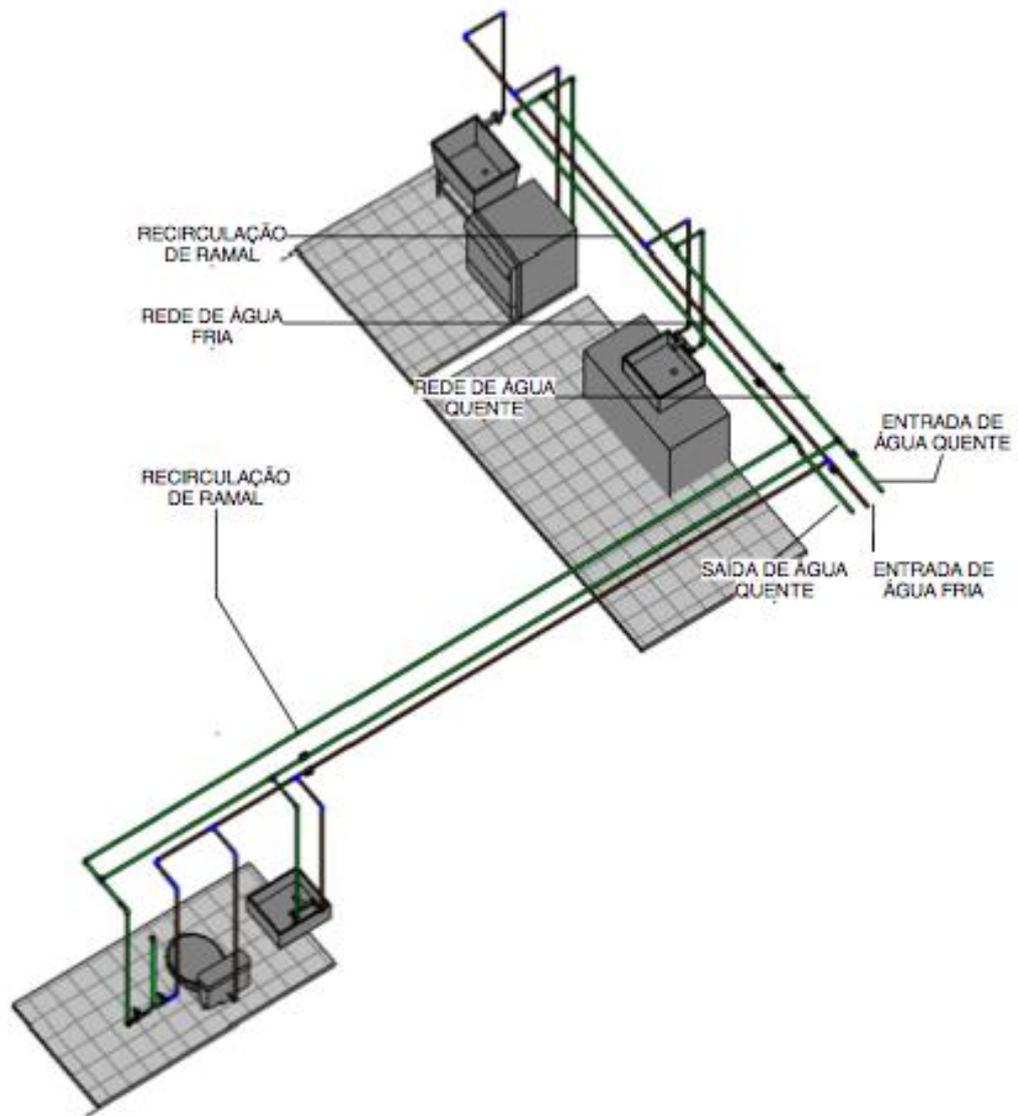
Essa opção é uma variação do projeto de um sistema de aquecimento coletivo. Com o intuito de reduzir o desperdício de água que ocorre quando se abre a água quente em um ponto de utilização e temos que esperar até ela atingir à temperatura desejada, a recirculação de água quente que só acontecia na coluna de água quente, foi imposta até os ramais internos das unidades. Como pode-se notar no quadro 5, que mostra o a quantidade de material adicional necessária a imposição dessa recirculação, há um aumento no consumo de tubulação e de conexões de pequenas bitolas. Entretanto o item que mais onera o custo dessa opção é a necessidade da instalação de um hidrômetro a mais por unidade. Esse hidrômetro mede a água que sai da unidade para ser reaquecida através da recirculação do ramal interno. A informação da vazão consumida por unidade é obtida subtraindo a vazão de água quente que entrou na habitação pela vazão que deixou a mesma para ser aquecida novamente. O apêndice D apresenta plantas, vistas e detalhes, assim como as figuras 23 e 24, para melhor entendimento.

Quadro 5 – Quantitativo adicional de material para sistema de aquecimento coletivo com recirculação de ramal

AQUECIMENTO COLETIVO COM RECIRCULAÇÃO DE RAMAL			
LINHA	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	Tamanho
TUBOS	690 m	Tubo PPR PN20	25 mm \varnothing
PPR	84 un.	Conector Macho, PPR	25 mm \varnothing
PPR	84 un.	Joelho 45°, PPR	25 mm \varnothing
PPR	210 un.	Joelho 90°, PPR	25 mm \varnothing
PPR	210 un.	Tê Normal, PPR	25 mm \varnothing
HIDRÔMETROS	28 un.	Hidrômetro ÁGUA QUENTE	5m ³ /h - Vazão nominal
HIDRÔMETROS	14 un.	Hidrômetro ÁGUA QUENTE	3.5m ³ /h - Vazão nominal

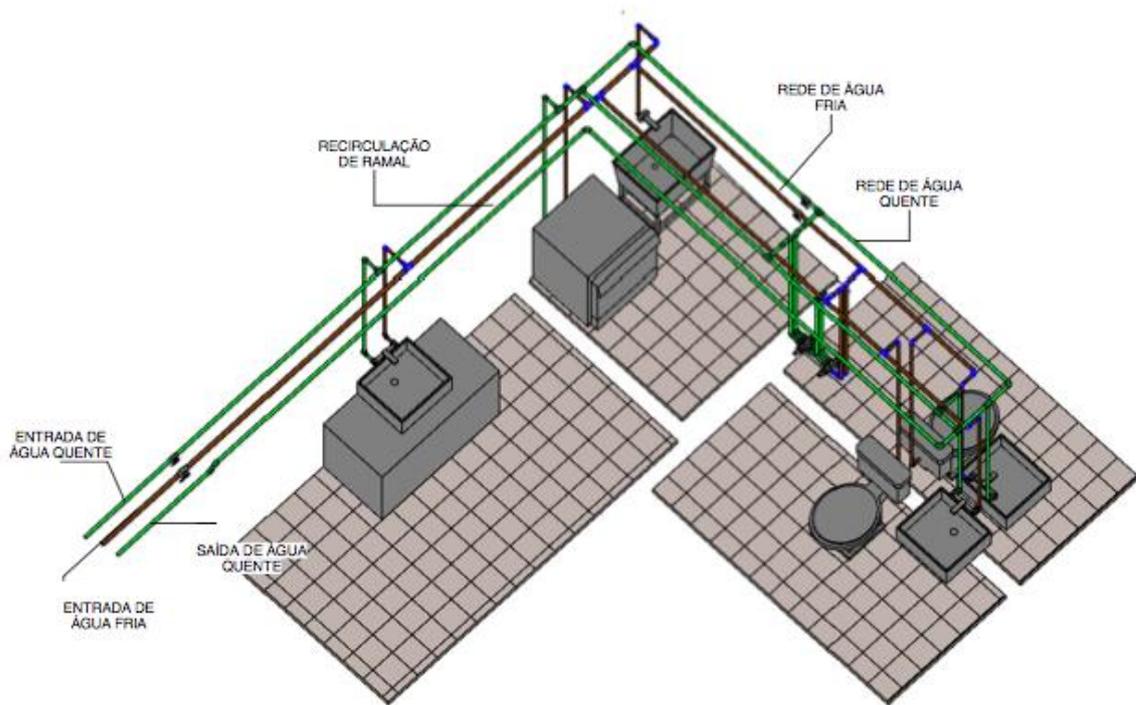
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 23 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento central



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 24 – Vista 3D instalação hidráulica apartamento canto



(fonte: elaborada pelo autor)

7 ANÁLISE DOS CUSTOS

Neste capítulo são avaliados os aspectos financeiros preponderantes para a comparação dos sistemas projetados. Tendo em vista que todas as opções de projeto tem a sua vazão medida na totalidade, os efeitos de diminuição de consumo devido à individualização é inerente a todas os sistemas estudados. Por isso, a comparação entre elas é feita sobre os três fatores que realmente as diferem: custo de implantação, consumo e energia. Vale ressaltar que a avaliação da vida útil dos aquecedores não feita, devido à falta de bibliografia confiável sobre o assunto.

7.1 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo trata da parte do trabalho onde foram examinados o total gasto com insumos para cada modelo proposto. Aqui também é feita uma estimativa do custo referente à mão de obra necessária para a implementação desses projetos. De forma simplificada, esse custo foi ponderado em 45% do custo total do material levantado para cada opção de sistema de medição. Esse valor foi usado, pois representa uma boa aproximação da variação da composição da mão de obra usada no cálculo do CUB, de projetos R8-N (residencial multifamiliar padrão normal) definidos pela NBR 12721, nos últimos meses.

Os preços usados para quantificar os gastos descritos segundo os levantamentos apresentados no capítulo anterior foram obtidos nos grandes distribuidores de material hidráulico da região metropolitana de Porto Alegre. Esse fato traz maior confiabilidade nos resultados, uma vez que expressa os valores praticados pelo mercado à época da realização deste trabalho.

A tabela 2, abaixo, traz os valores finais encontrados nesta pesquisa. Os números obtidos foram divididos em subitens para facilitar a comparação imediata entre as diferentes opções de projeto.

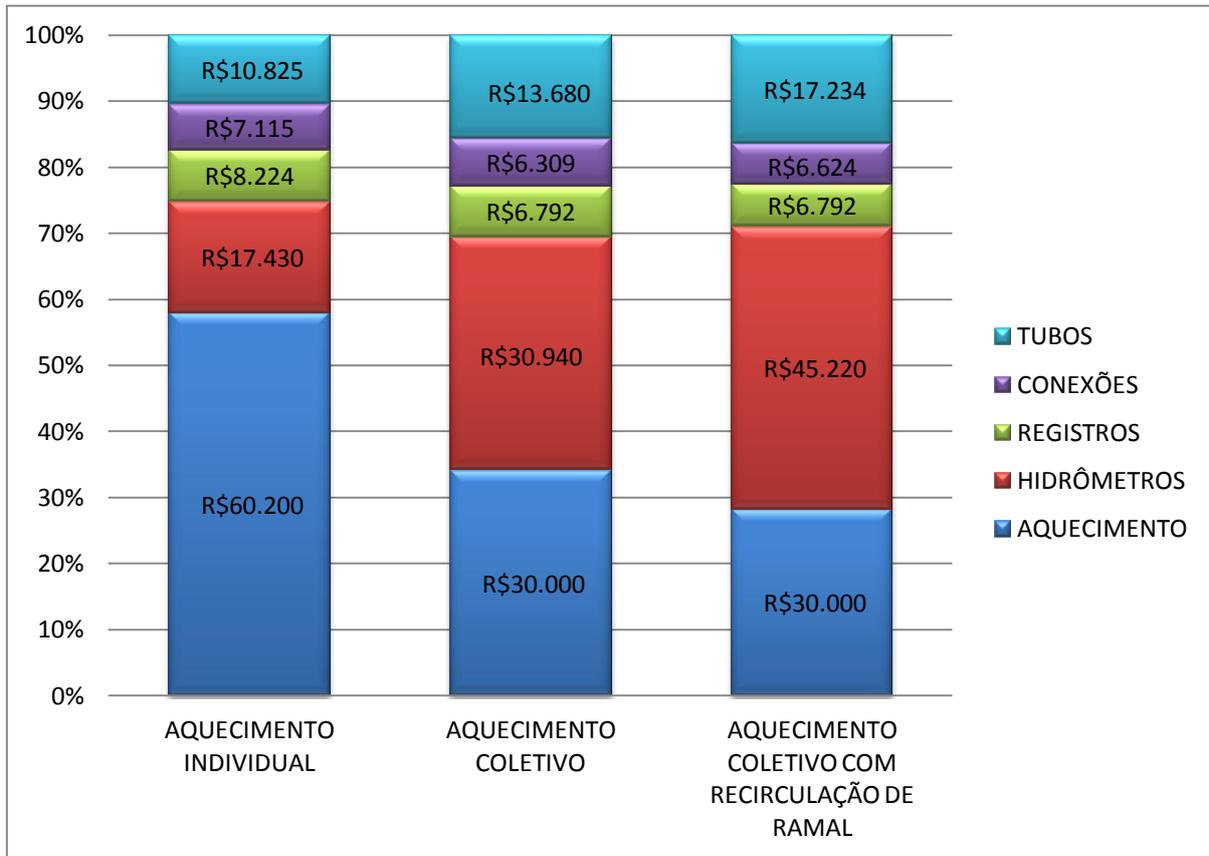
Tabela 2 – Total gasto para os sistemas de distribuição propostos

PARTE DO SISTEMA	AQUECEDOR INDIVIDUAL		AQUECEDOR COLETIVO		AQUECEDOR COLETIVO COM RECIRCULAÇÃO DE RAMAL	
TUBOS	R\$10.825,16	10%	R\$13.680,65	16%	R\$17.234,15	16%
ÁGUA FRIA	R\$5.760,32	6%	R\$5.126,44	6%	R\$5.126,44	5%
ÁGUA QUENTE	R\$5.064,84	5%	R\$8.554,21	10%	R\$12.107,71	11%
CONEXÕES	R\$7.115,02	7%	R\$6.309,59	7%	R\$6.624,59	6%
ÁGUA FRIA	R\$2.298,62	2%	R\$1.743,47	2%	R\$1.743,47	2%
ÁGUA QUENTE	R\$4.816,40	5%	R\$4.566,12	5%	R\$6.105,42	6%
REGISTROS	R\$8.224,40	8%	R\$6.792,80	8%	R\$6.792,80	6%
HIDRÔMETROS	R\$17.430,00	17%	R\$30.940,00	35%	R\$45.220,00	43%
AQUECIMENTO	R\$60.200,00	58%	R\$30.000,00	34%	R\$30.000,00	28%
TOTAL MATERIAL	R\$103.794,58	100%	R\$87.723,04	100%	R\$105.871,54	100%
TOTAL M.O.	R\$46.707,56	45%	R\$39.475,37	45%	R\$47.642,19	45%
TOTAL GLOBAL	R\$150.502,14	145%	R\$127.198,40	145%	R\$153.513,73	145%

(fonte: elaborado pelo autor)

À primeira vista, é fácil notar que o item que mais onera o custo de implementação desses sistemas é referente ao equipamento de aquecimento. Os hidrômetros representam percentual bastante representativo desse montante, enquanto os outros itens tem participação constante ou aumentam proporcionalmente com o esperado conforme a complexidade dos sistemas. Para melhorar a visualização dos resultados, o gráfico da figura 25 ilustra a representatividade de cada item do orçamento, permitindo a rápida identificação das suas variações entre os sistemas.

Figura 25 – Comparativo dos gastos com insumos para os sistemas de distribuição propostos



(fonte: elaborado pelo autor)

Nesse trabalho o aquecimento de água se dá de duas maneiras distintas. Quando o aquecimento se dá de forma individual, há a necessidade da compra de um aquecedor por apartamento. A edificação proposta tem 42 apartamentos, por isso necessita de 42 aquecedores de passagem para fazer o aquecimento dessa água. Enquanto isso, nas opções com aquecimento coletivo de água, uma única máquina faz o mesmo trabalho que as mesmas 42 executam individualmente na primeira opção. Essa economia é tão grande que praticamente equipara os valores globais do sistema individualizado com o sistema coletivo com recirculação de ramal que é muito mais complexo e demanda uma quantidade muito maior de material.

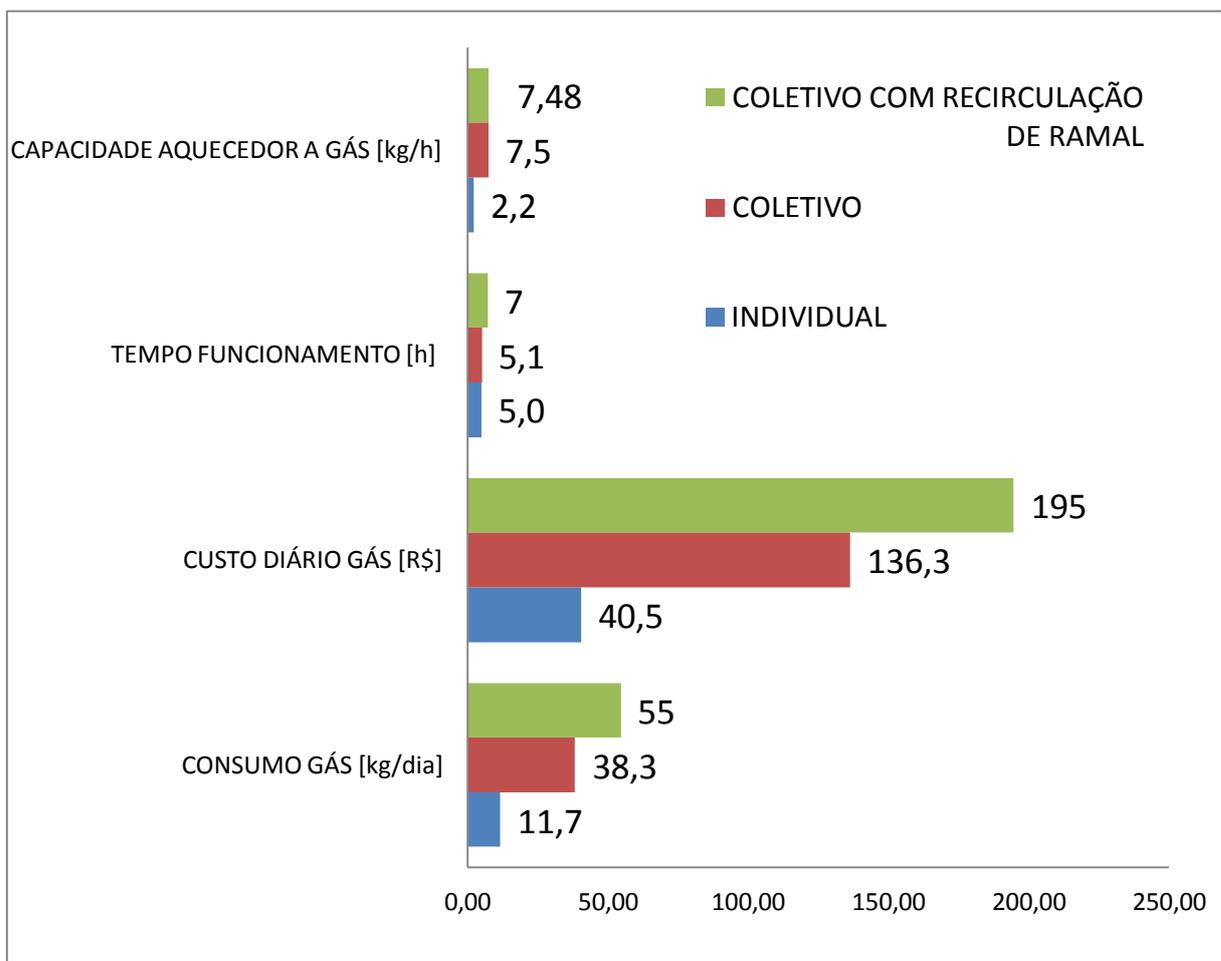
O segundo item que exerce grande pressão sobre os números em análise é o dos hidrômetros. Entretanto, sua necessidade está diretamente ligada ao funcionamento dos sistemas. No sistema individual, a medição, que ocorre somente na rede de água fria, necessita de 42 hidrômetros para funcionar. Em um sistema coletivo, esse número dobra, uma vez que a medição é realizada na água fria e quente. Enquanto no sistema mais complexo, esse número

triplica, já que a medição ocorre na água fria e em duas etapas na água fria, obtendo o volume consumido a partir da subtração dos valores dos hidrômetros de entrada dos valores dos de saída para a recirculação.

7.2 ANÁLISE ENERGÉTICA

O funcionamento de uma instalação hidráulica usual se dá por diferença de pressão proveniente basicamente da força da gravidade, entretanto o aquecimento da água necessita de uma fonte de energia complementar. O caso do nosso estudo foram dimensionados aquecedores alimentados pelo gás liquefeito de petróleo (GLP) que é bem comum em residências. A análise energética dos diferentes sistemas estudados é exposta pela figura 26.

Figura 26 – Comparativo dos gastos energético para os sistemas de distribuição propostos



(fonte: elaborado pelo autor)

Em um sistema de aquecimento individual, os aquecedores ficam posicionados relativamente próximos dos pontos de utilização de água quente. Esse fato proporciona baixa perda de calor no percurso, além de diminuir a água que se perde ao esperar que a temperatura desejada seja atendida. Em contrapartida, eles consomem área interna da unidade para serem instalados, e para a colocação do botijão de gás que alimenta o aquecedor. No atual cenário da construção civil, onde os apartamentos tem cada vez menos área, esse preço pode ser muito alto para ser pago. Entretanto, a eficiência dessas máquinas é surpreendente, e segundo a análise energética realizada nesse trabalho, seu consumo de combustível é bem pequeno. Fazendo que esse sistema seja o mais sustentável do que sua equivalência com aquecedor de coletivo de acumulação.

Em um sistema de aquecimento coletivo, o aquecedor foi posicionado no térreo para utilizar a grande pressão disponível no pavimento, facilitando a posterior distribuição de água quente. Entretanto, devido as longas distância a serem vencidas e a grande perda de calor no trajeto, a eficiência dessas máquinas é baixa em comparação aos números praticados por aquecedores individuais de passagem, elevando o custo de manutenção de um sistema desse tipo.

7.3 ANÁLISE DE CONSUMO

Nesse trabalho, todas as variações de projeto estudadas possuem medição individualizada em sua totalidade. Por isso todas as vantagens de redução no consumo devido à individualização são comuns a todas as soluções. Entretanto, elas se diferem quanto ao método de aquecimento e a trajetória imposta devido às peculiaridades de cada solução e da arquitetura da edificação. A distância entre o ponto de utilização e a unidade de aquecimento está diretamente ligada ao tempo que o usuário tem de esperar até a água atingir a temperatura desejada para o seu uso.

Ao ligar o chuveiro depois de um longo dia fora de casa, o usuário percebe que a água dentro da tubulação de água quente esfria e precisa ser extravasada para que a água aquecida comece a fluir através do aparelho. Além do desperdício de água tratada, tal fato influi também no nível de conforto do usuário que tem que esperar, em alguns casos, quase um minuto até que a água atinja a temperatura desejada. A fim de mensurar o tempo de espera e o estimar o volume diário desperdiçado em cada variação de projeto, foi estimado uma frequência de uso, quadro 6, de cada aparelho por habitante e calculado o volume de água entre cada ponto de utilização e sua unidade de aquecimento.

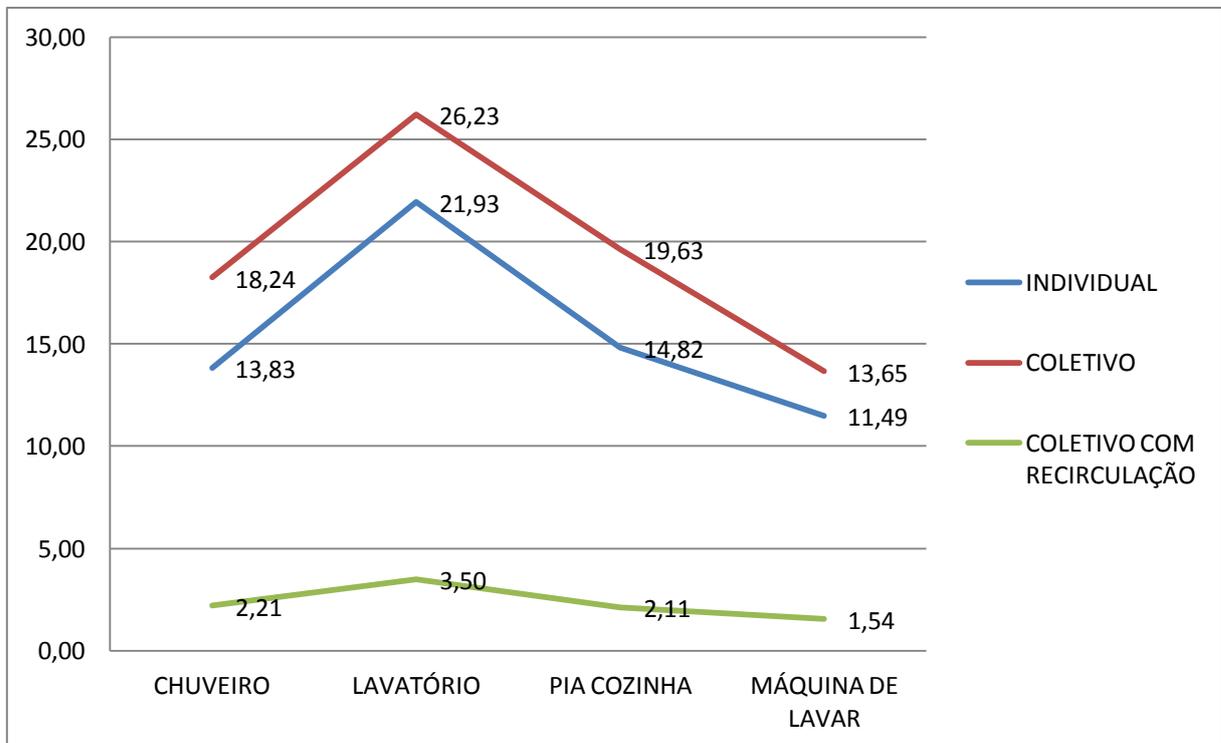
Quadro 6 – Cenário de frequência de uso por aparelho

PONTO DE UTILIZAÇÃO	VAZÃO l/s	FREQUÊNCIA Uso / Pessoa	PESSOAS POR HABITAÇÃO
CHUVEIRO	0.19	1	5
LAVATÓRIO	0.25	2	
PIA COZINHA	0.25	2	
MÁQUINA DE LAVAR	0.3	0.2	

(fonte: elaborado pelo autor)

Com os dados diário de uso de cada aparelho, foi possível levantar o tempo de espera nos diferentes pavimentos, uma vez que a tubulação muda nos diferentes pavimento e com ela o volume de água na tubulação a ser escoado. A partir desse dados, foram ponderados os valores obtidos através do número de ocorrência de cada tipo de unidade na edificação. O valores encontrados são ilustrados pela figura 27. Vale ressaltar que essa análise foi feita desconsiderando o uso simultâneo dos pontos de água quente, apenas considerando o uso de um aparelho de cada vez

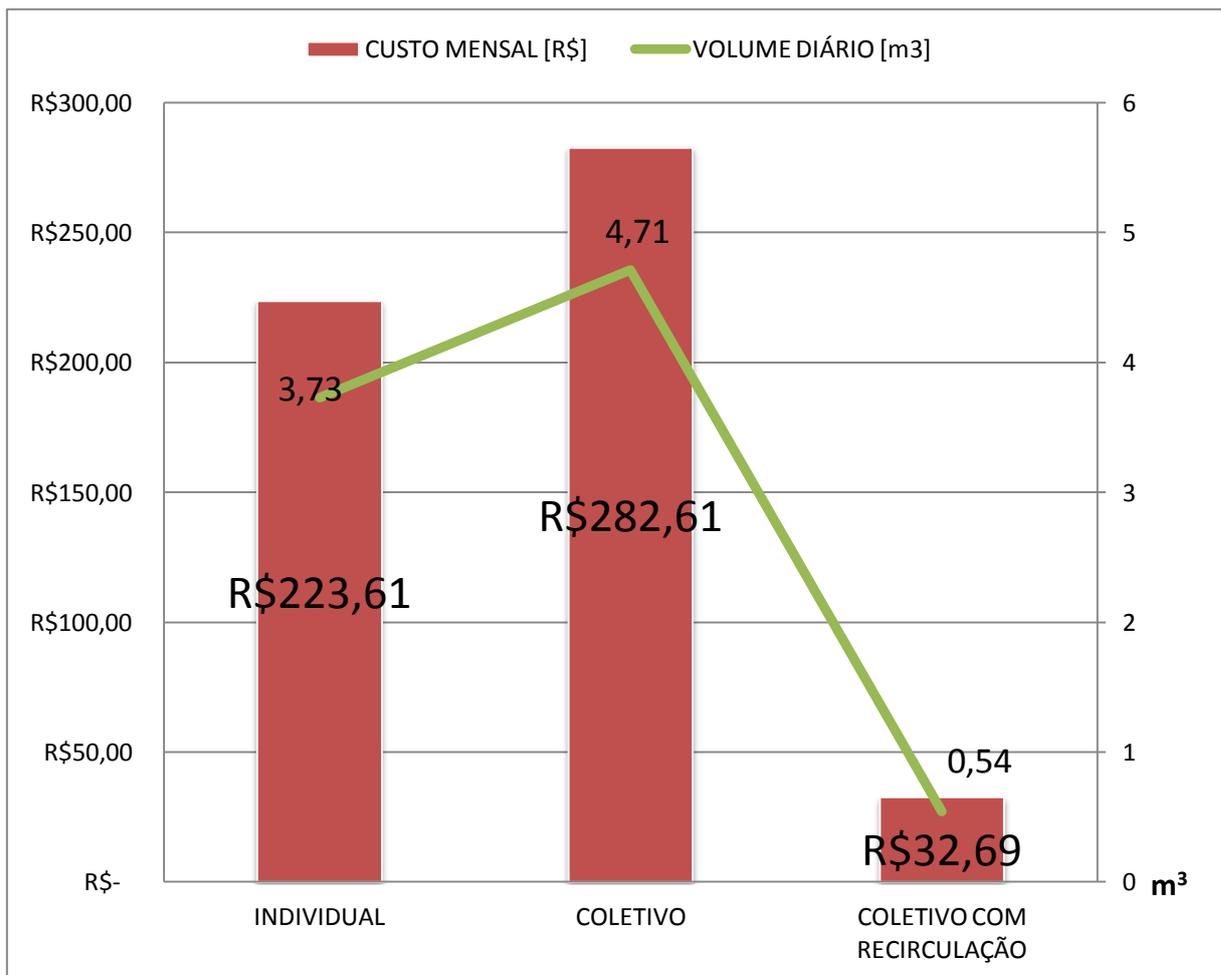
Figura 27 – Tempo de espera por aparelho



(fonte: elaborado pelo autor)

O números encontrados estão dentro do esperado, uma vez que são diretamente proporcionais à distância entre os aparelhos e o aquecedor. Vale ressaltar que os números obtidos para aquecedor coletivo são altos e contrariam o senso comum quanto ao nível de conforto comum à essa variação de projeto. Esse fato está ligado à individualização da medição que impõe a instalação dos hidrômetros na área social do pavimento, aumentando muito a distancia entre a coluna e o ponto de utilização; ao contrário do que costuma acontecer com projetos de medição coletiva onde o número de colunas é maior, diminuindo consideravelmente o a distância do aparelho. Além disso, foi estimado o volume diário desperdiçado de água para a frequência de uso exposta anteriormente na edificação como um todo, além do custo mensal desse desperdício para a edificação inteira como ilustra a figura 28.

Figura 28 – Comparativo dos custo mensal e volume diário desperdiçado.



(fonte: elaborado pelo autor)

7.4 ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS

Em um sistema de água quente, a temperatura da água é o fator mais relevante para o nível da qualidade de serviço oferecida para o usuário final. Entretanto para atingir a mesma temperatura, as diferentes opções de projeto estudadas necessitam de diferentes quantidades de material, de energia e desperdiçam diferentes volumes de água. A seguir serão resumidas as três análises realizadas anteriormente no trabalho, a fim de concluir como esses fatores interagem entre si.

Em um sistema de aquecimento individual, o custo de implantação é onerado principalmente pelo custo dos aparelhos de aquecimento. Contudo, esses aquecedores consomem pequena quantidade de combustível, no caso desse trabalho o GLP, devido à grande eficiência dessas máquinas. Todavia, possuem elevado fator de desperdício de água devido ao volume de água fria que se deposita na tubulação de água quente entre o longo percurso entre o aquecedor e os pontos de utilização. Ponderando, o baixo consumo de energia e o alto desperdício de água em relação ao custo desses insumos, podemos concluir que é um sistema viável.

Em um sistema de aquecimento coletivo, o custo de implantação é onerado principalmente pelo custo dos hidrômetros, duas unidades por apartamento, e da unidade de aquecedora. Entretanto, esse aquecedor consome uma grande quantidade de energia por três principais motivos: a baixa eficiência desse equipamento, em virtude da necessidade de manter um grande volume de água aquecida durante todo o tempo, a grande distância entre o aquecedor e os aparelhos e pelo acréscimo de traçado devido à localização dos hidrômetros na área social do pavimento. Logo, o fator de desperdício de água também é elevado devido às mesmas razões supracitadas. Esse sistema se torna bastante inviável devido ao alto consumo de energia e pelo elevado desperdício de água.

Um sistema de aquecimento coletivo com recirculação de ramal, tem como principal objetivo a diminuição do desperdício de um sistema sem recirculação. Esse fato pode ser verificado e confirmado nesse estudo. No entanto o custo energético é ainda mais elevado em comparação ao sistema simples devido ao maior comprimento da tubulação de retorno e como consequência um maior volume de água a ser constantemente reaquecido. Contudo, diferentes localizações dos hidrômetros poderiam ser testadas para equalizar o alto custo de energia em prol do baixo desperdício de água. Vale ressaltar que o nível de serviço dessa opção é

imensamente maior que os da outras opções contempladas nesse estudo, devido ao pequeno tempo de espera.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, se objetivou avaliar e comparar técnica e economicamente as instalações hidráulicas de uma edificação com diferentes sistemas de distribuição de água quente e fria com medição individualizada. Para tanto foram projetados três sistemas hidráulicos distintos tendo como diretrizes as normas vigentes e os projetos arquitetônicos da edificação. Com base nos projetos e levantamentos quantitativos de material, foi possível a previsão orçamentária das diferentes opções de projetos propostos, bem como a avaliação energética dos equipamentos utilizados para efetuar o aquecimento, além do consumo de água.

Avaliando as necessidades do sistema para funcionar perfeitamente, foi possível verificar que o sistema de aquecimento individual, apesar de ser o menos complexo, tem seu custo global final bem próximo à sistemas de complexidade muito mais elevada. A necessidade da instalação de inúmeras máquinas idênticas para realizar a mesma tarefa representa mais da metade do total gasto com material nessa proposta. Sistemas de aquecimento coletivo substituem todo esse montante, pela compra de uma máquina capaz de realizar a mesma tarefa. Mesmo com a necessidade de uma gasto maior com tubulações, conexões e hidrômetros específicos, a custo global ainda é mais baixo.

Entretanto, a análise energética dos sistemas superou as expectativas que se tinha antes da conclusão deste trabalho. Devido a proximidade dos aquecedores individuais aos pontos de utilização de água quente e a grande eficiência dessas máquinas, em contra ponto aos longos percursos a serem vencidos pelos aquecedores coletivos que limitam a eficiência dessas máquinas, o consumo energético dos equipamentos coletivos é muito maior do que os individuais. Contrariando a primeira análise, é mais sustentável utilizar aquecedores de passagem em sistemas individualizados. Pelo mesmo motivo, o uso de aquecedores coletivos com medição individual se torna quase inviável. Primeiramente devido aos longos trajetos impostos, e também, ao comparar com um sistema individual de aquecimento, a necessidade de manter um grande volume de água aquecido durante todo o dia.

Ao analisar o consumo de água em cada variação de projeto estudada nesse trabalho, ficou claro que um sistema coletivo simples, além de consumir muita energia, desperdiça grandes quantidades de água devido às imposições de trajeto da implantação da medição

individualizada. Esse problema é resolvido ao estabelecer a recirculação aos ramais internos às unidades habitacionais. Entretanto, a economia na conta de água, não se equipara os gastos com combustível para a alimentação do aquecedor coletivo. Vale ressaltar que o tempo de serviço é drasticamente reduzido em um sistema desse tipo, aumentado consideravelmente o nível de conforto dos usuários que pode ser exigência de moradores de edificações de alto padrão.

A fim de equilibrar o gasto energético com o desperdício de água, o sistema de aquecimento coletivo deve ser mais eficiente, a medição de água quente poderia ser instalada em outra posição que não a usual contemplada nesse trabalho de pesquisa e outras alternativas de ganho de eficiência poderiam ser testadas. Apesar desse não ser o objetivo dessa pesquisa, 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.
- _____. **NBR 7198**: projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.
- _____. **NBR 12721**: avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.
- BRASÍLIA, DF. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Individualização de Medição**: cartilha para orientação de clientes. Brasília, [2012?]. Disponível em: <<http://www3.caesb.df.gov.br/agencia/downloads/IndividualizaHidrometro.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2012.
- 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.
- COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. **Medição individualizada de água em apartamentos**. Recife: Editora Comunicarte, 1999.
- CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.
- ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas Prediais de Água Quente**. São Paulo: EPUSP, 2009. Boletim Técnico PCC n. 09.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria n. 246**, de 17 de outubro de 2000. [Aprovar o Regulamento Técnico Metrológico, que com essa Baixa, Estabelecendo as Condições a que Devem Satisfazer Os Hidrômetros para Água Fria, de Vazão Nominal até quinze Metros Cúbicos por Hora]. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2012.
- MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto n. 16.305**, de 26 de maio de 2009. Regulamenta a Lei n. 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, RS, 2009, Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000030452.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 13 dez. 2012.
- RECIFE. Prefeitura Municipal do Recife. **Lei n. 16.759**, de 17 de abril de 2002. Institui a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros individuais nos edifícios. Recife, PE, 2002. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/legislacao-de-recife/768271/lei-16759-2002-recife-pe.html>>. Acesso em: 13 dez. 2012.

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, 2012.

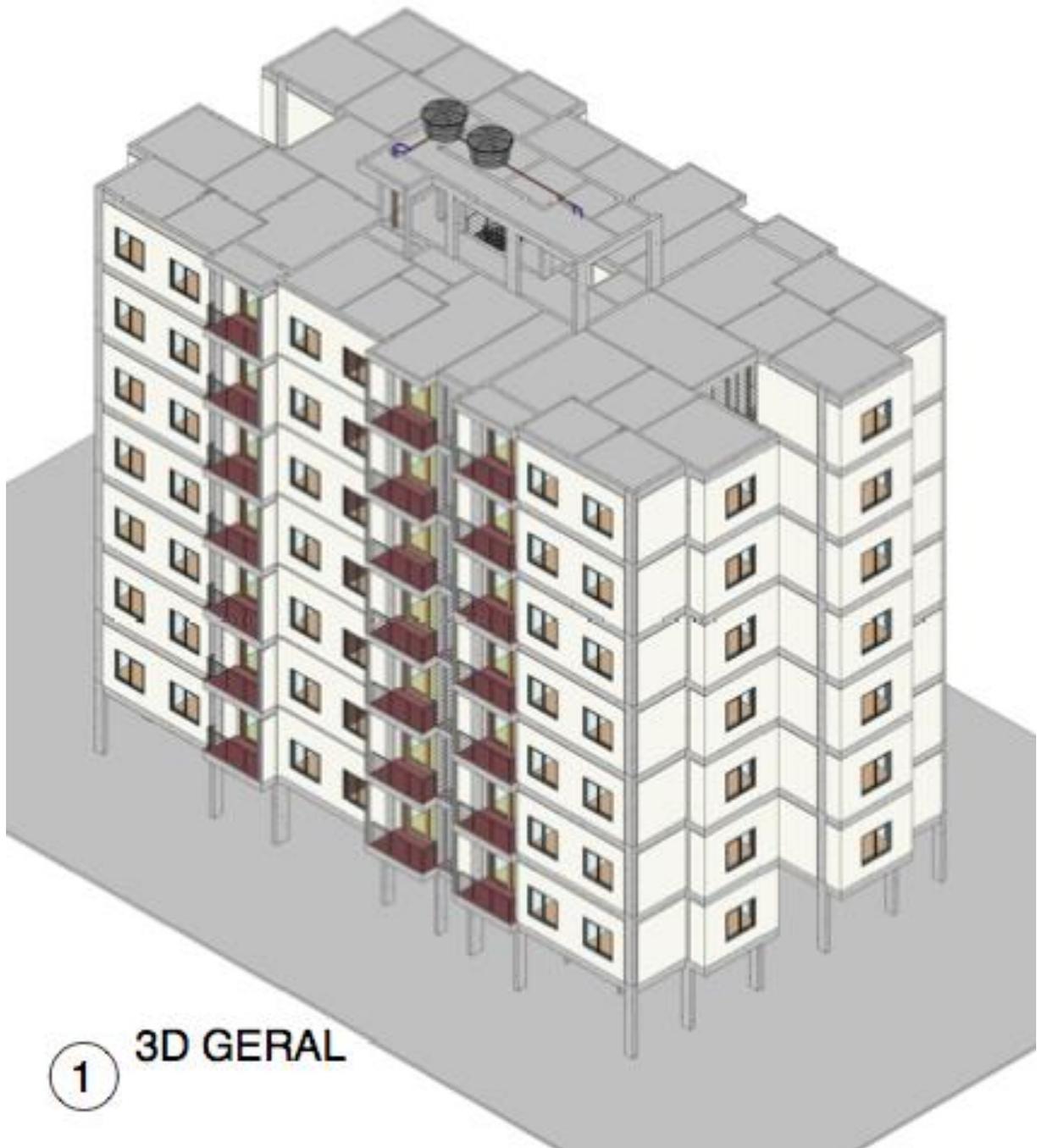
SILVA, S. R. S. **Avaliação do sistema de medição individualizada de água em prédios populares situados na cidade do Salvador - Bahia**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

TANAKA, T. **Instalações Prediais: hidráulica e sanitária**. São Paulo: Hamburg, 1976.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta Água Morrendo de Sede: uma visão analítica da metodologia de uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2012.

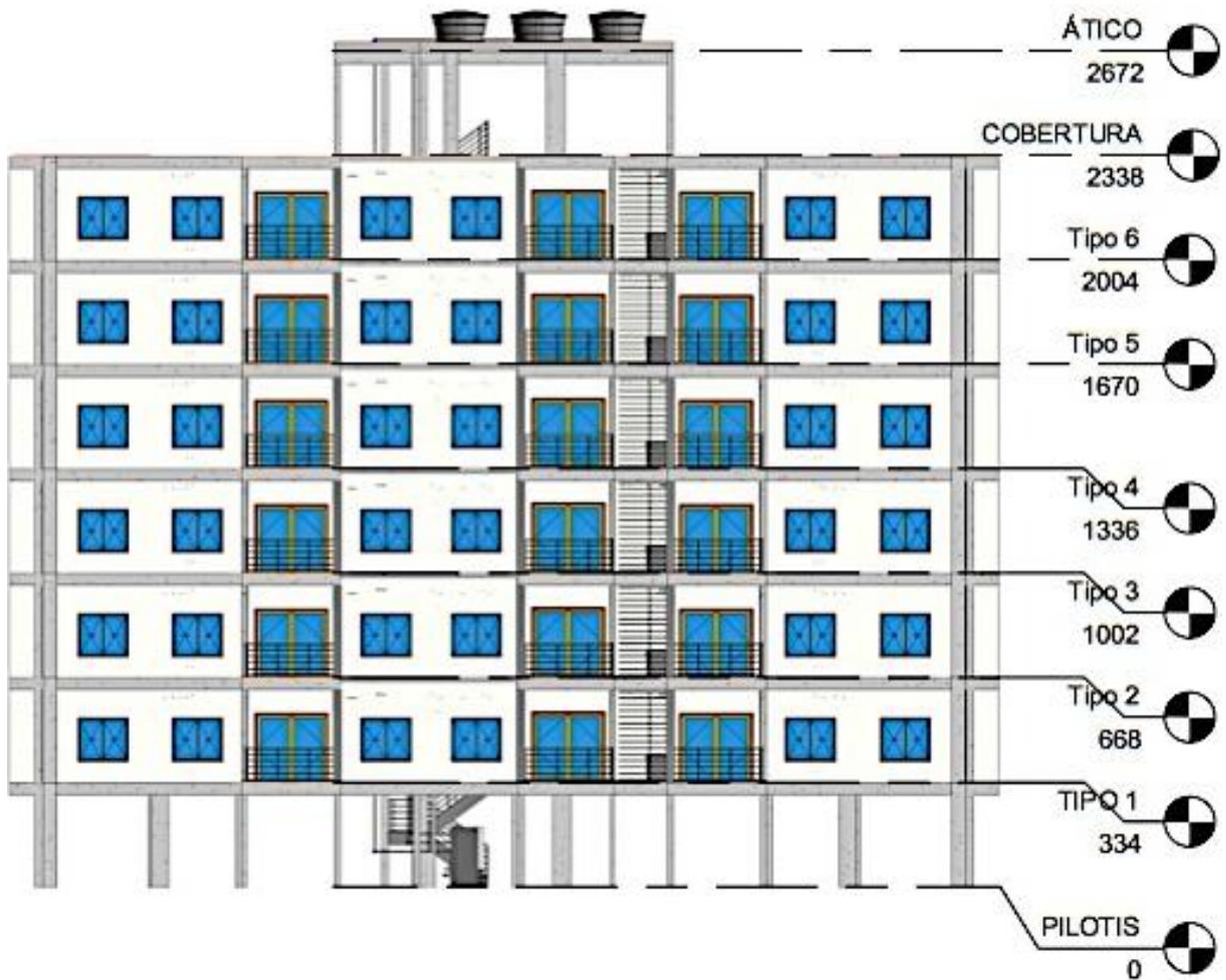
YAMADA, E. S.; PRADO, R. T. A.; IOSHIMOTO, E. **Os impactos do sistema de medição individualizada de água**. São Paulo: EPUSP, 2001.

APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico Edificação Proposta



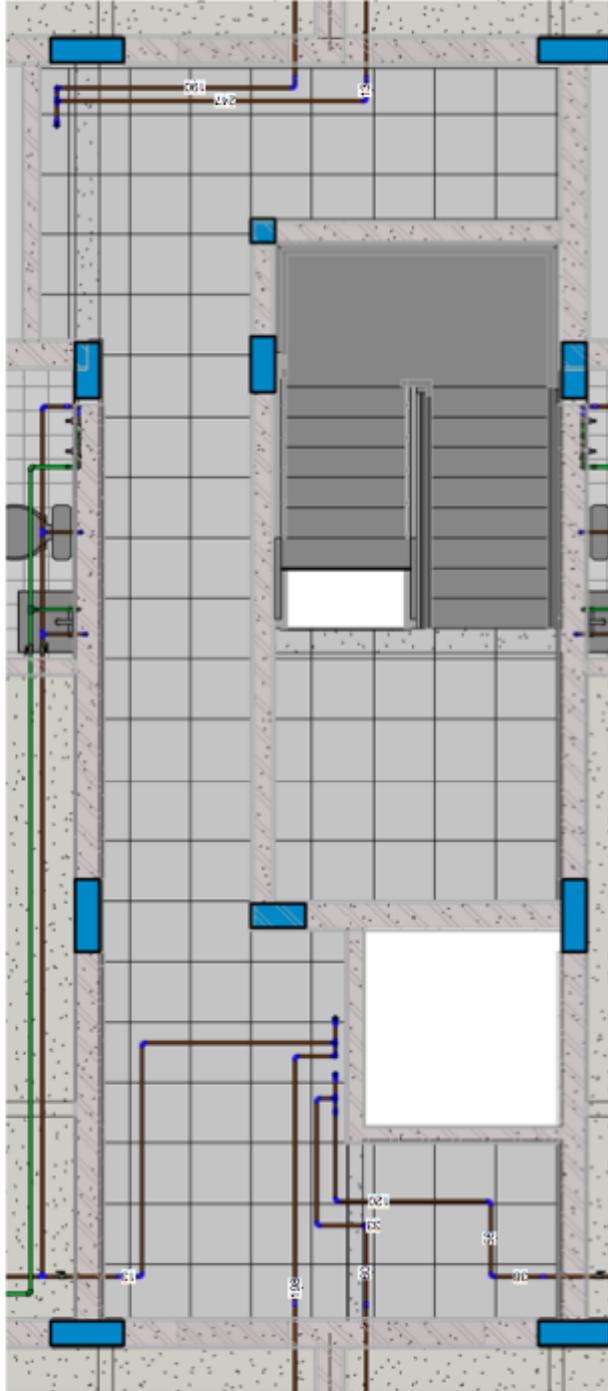
1 3D GERAL





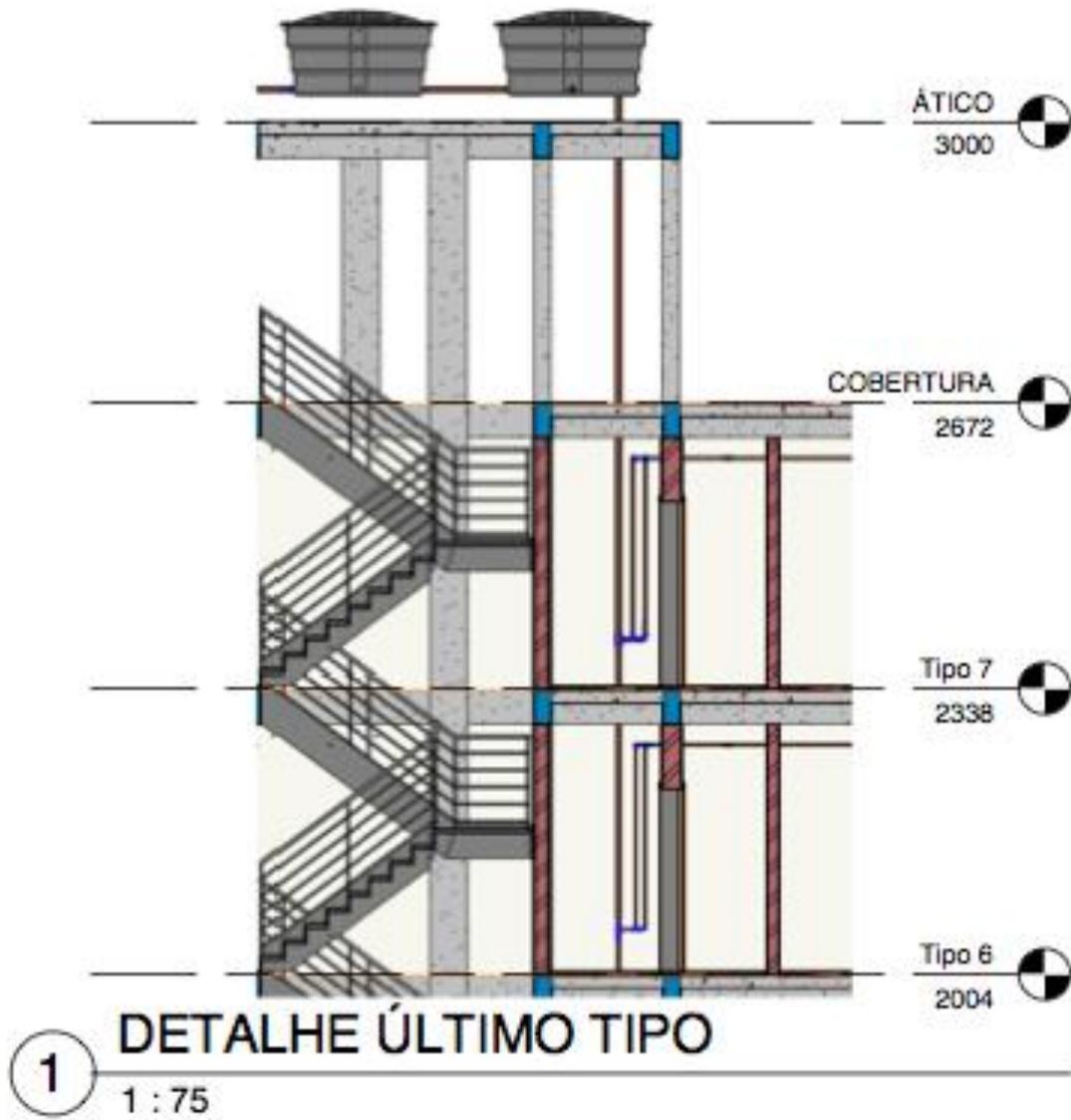
1 Norte
 1 : 200

APÊNDICE B – Projeto de medição individualizada de água quente com aquecedor individual

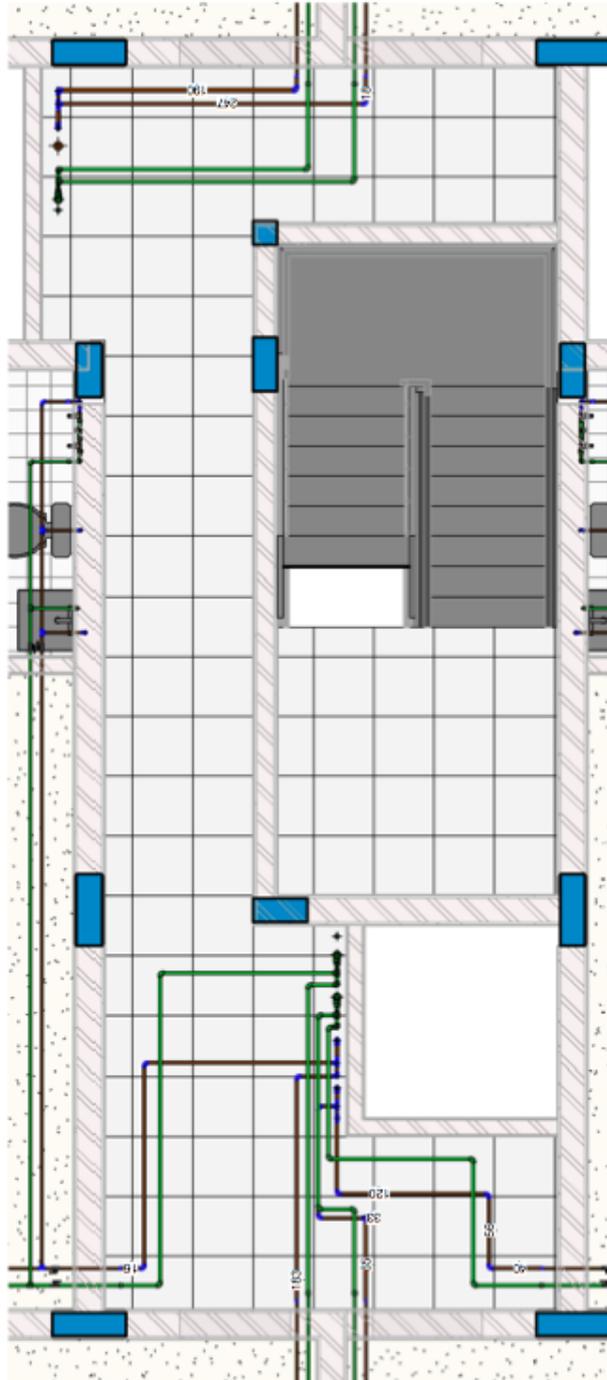


Detalhe Distribuição Central

1 1 : 50

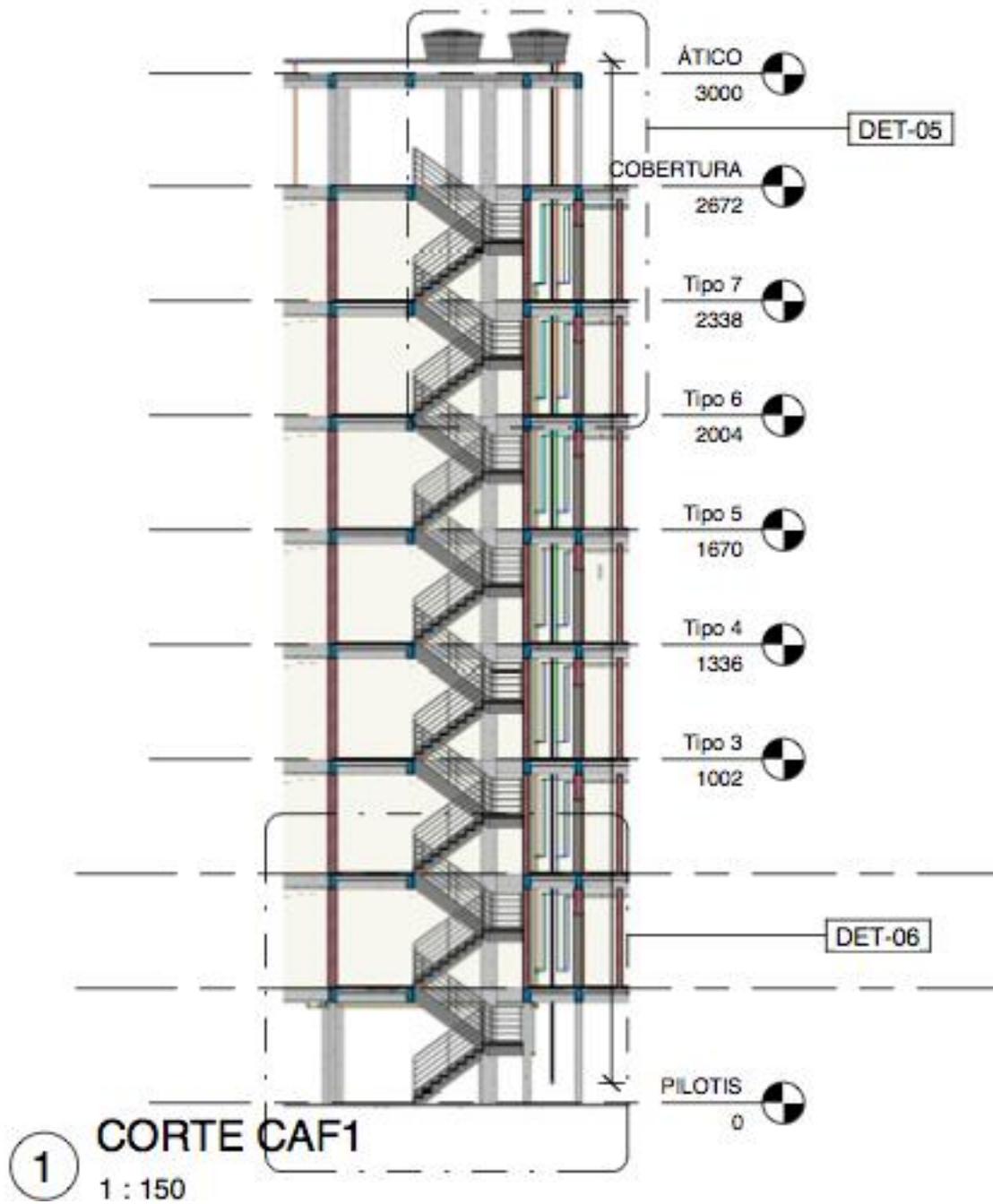


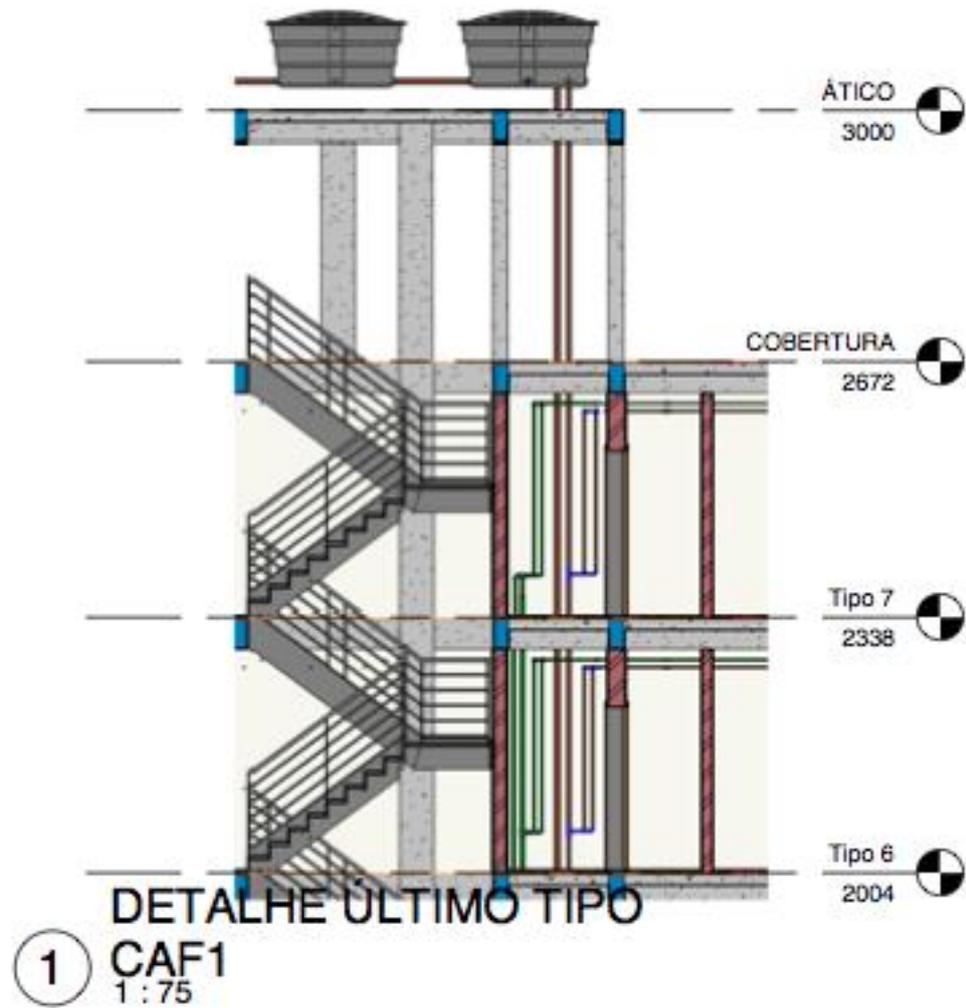
APÊNDICE C – Projeto de medição individualizada de água quente com aquecedor coletivo

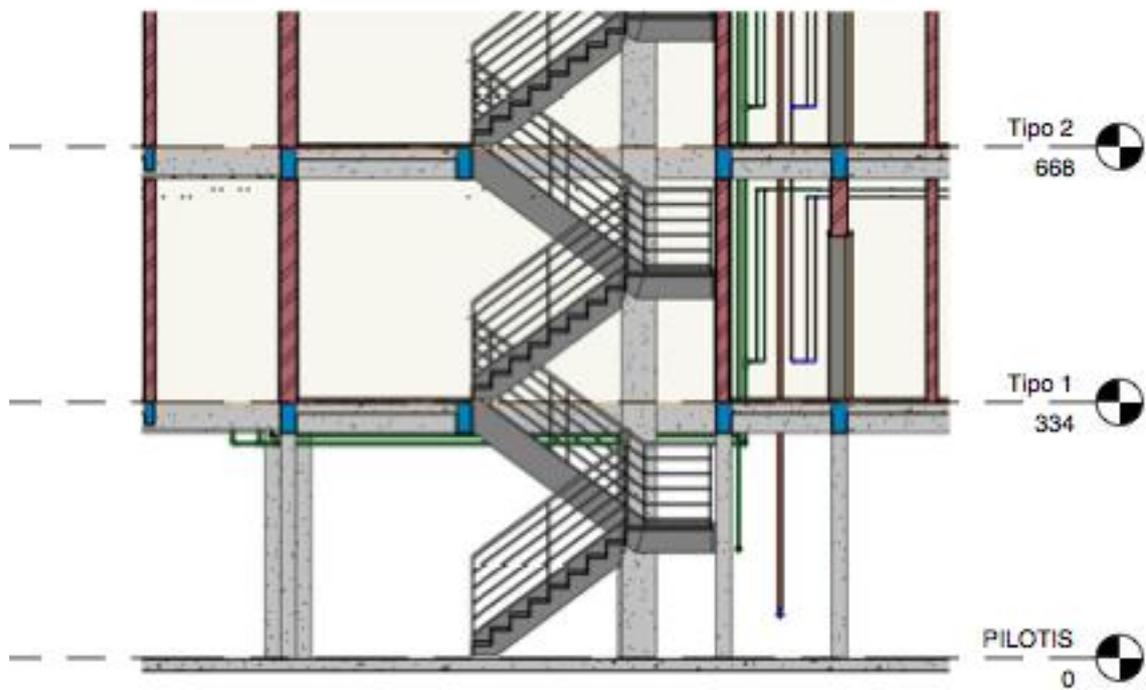


Detalhe Distribuição Central

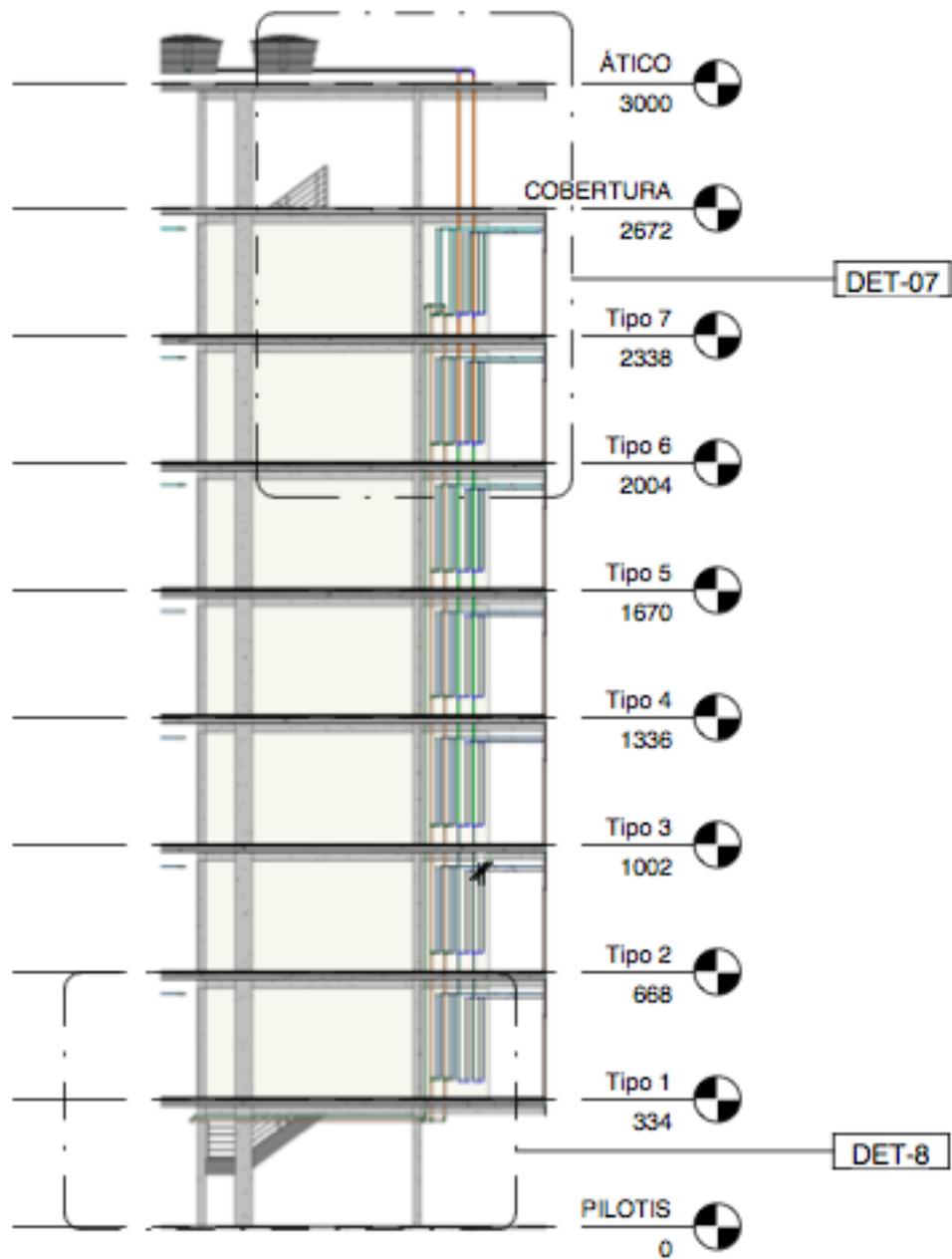
1 1 : 50



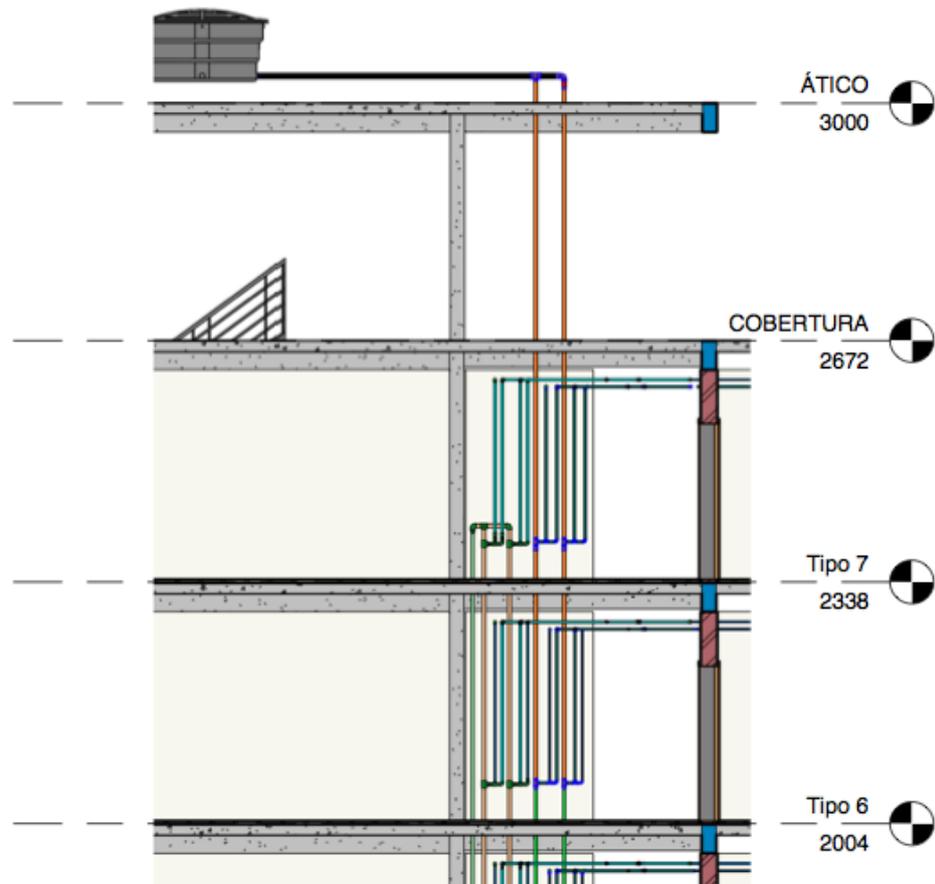




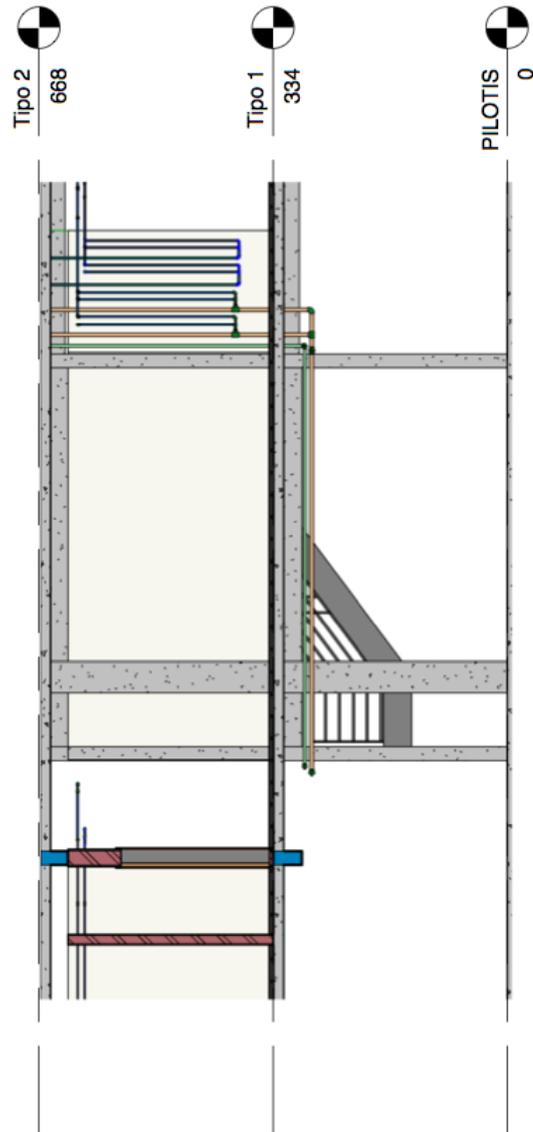
① DETALHE TÉRREO CAF1
1 : 75



1 CORTE CAF2/CAF3
 1 : 150



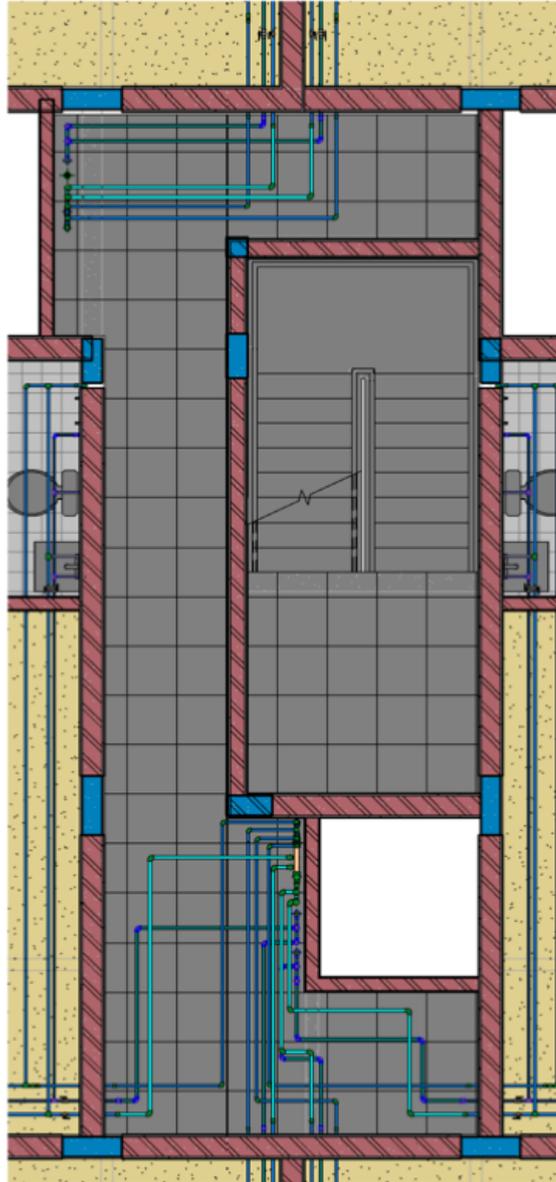
1 Detalhe último Andar
CAF2/CAF/3
1:75



1 Detalhe Térreo CAF2/CAF3

1 : 75

APÊNDICE D – Projeto de medição individualizada de água quente com aquecedor coletivo com recirculação de ramal



Distribuição Horizontal

1

1 : 50