

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**“DESEMPENHO DE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA QUENTE”**

**SÉRGIO MURILO DE OLIVEIRA BENEDICTO**

**SÃO CARLOS  
2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**“DESEMPENHO DE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA QUENTE”**

**SÉRGIO MURILO DE OLIVEIRA BENEDICTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

**Área de Concentração:** Sistemas Construtivos de Edificações

**Orientador:** Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim

**SÃO CARLOS**

**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B463ds

Benedicto, Sérgio Murilo de Oliveira.

Desempenho de sistema predial de água quente / Sérgio Murilo de Oliveira Benedicto. -- São Carlos : UFSCar, 2009. 186 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Construção civil. 2. Sistemas prediais. 3. Instalações hidráulicas e sanitárias. 4. Sistema predial de água quente. 5. Patologia da construção. I. Título.

CDD: 690 (20<sup>a</sup>)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Civil  
**Programa de Pós-Graduação em Construção Civil**  
Via Washington Luís, Km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos/SP/Brasil  
Fone(16) 3351-8262  
Site: [www.ppgciv.ufscar.br](http://www.ppgciv.ufscar.br) Email: [ppgciv@ufscar.br](mailto:ppgciv@ufscar.br)

**“PATOLOGIAS DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE EM  
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS – ESTUDO DE CASO”**

**SÉRGIO MURILO DE OLIVEIRA BENEDICTO**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 28 de agosto de 2009

Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

**Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim**  
Departamento de Engenharia Civil / PPGCIV / UFSCar  
Orientador

---

**Profª Drª Marina Sangoi de Oliveira Ilha**  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/PPGEC/UNICAMP  
Examinadora Externa

---

**Prof. Dr. José Carlos Paljari**  
Departamento de Engenharia Civil / PPGCIV / UFSCar  
Examinador Interno

\* Desempenho de Sistema Predial de Água Quente

## **Dedicatória**

À Cláudia, à Denise e ao Renato.

Dedico este trabalho.

## **Agradecimentos**

Ao Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim, pela confiança e orientação.

À Habiarte Barc, na pessoa do Aparecido, pela colaboração e por todas as informações que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À Cláudia, minha esposa, pela paciência, pelo apoio nos momentos difíceis e pela ajuda na revisão ortográfica.

Aos meus pais Ivo, em memória, e Vera, pelo carinho, educação e esforço que tiveram, permitindo a minha formação profissional.

Benedicto, Sérgio M. O. **Desempenho de sistema predial de água quente**. São Carlos–SP. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2009. 186 páginas. Dissertação (Mestrado).

## RESUMO

Nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) inúmeras são as não conformidades que podem ocorrer quando o usuário passa a ocupar e interagir com a edificação. Dentre esses sistemas, o Sistema Predial de Água Quente (SPAQ) é o responsável por oferecer ao usuário as condições de conforto e higiene em atividades tão importantes para o ser humano como banho e lavagem de louças. O desempenho dos sistemas que compõem o edifício habitacional durante a sua vida útil está vinculado às condições do uso para o qual foi projetado, à execução da obra de acordo com as normas técnicas, à utilização de elementos e componentes sem defeito de fabricação e a programas e técnicas de inspeções periódicas e de manutenção predial. Apesar do estudo das não conformidades nas construções, na área de SPHS, ser um tema pouco estudado no Brasil, pode-se admitir como causas das mesmas no SPAQ: norma técnica desatualizada, erros de projeto, especificações inadequadas, defeitos de fabricação, falhas na execução, falta de manutenção ou manutenção inadequada. Esta dissertação, baseando-se nas exigências do usuário estabelecidas na NBR 15575-1, teve como objetivo a identificação dos requisitos e dos critérios de desempenho do SPAQ, em edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos. Esse estudo teórico foi posteriormente aplicado em dois edifícios residenciais para serem encontradas possíveis não conformidades.

**Palavras chave:** construção civil, sistemas prediais, sistemas prediais hidráulicos e sanitários, sistema predial de água quente, desempenho de edificações, patologia das construções.

Benedicto, Sérgio M. O. **Performance of Hot Water Building System**. São Carlos – SP. Civil Engineering Department, Federal University of São Carlos, 2009. 186 pages. Master Dissertation.

### **ABSTRACT**

In Hydraulic and Sanitary Building Systems there are nonconformance issues that can occur when user begins occupying and interacting with the building. Among other systems, the Hot Water Building System is responsible to offer to user important activities to human being such as bath and dish washing. The performance of the systems that constitute the housing buildings along its life is connected to the conditions of use for it was designed, to the execution of the construction according to the technical regulations, to the use of materials and components free of imperfections and to the programs and techniques of regular auditing and building maintenance. Even though the field of nonconformance is a subject not so explored in Brazil, it can be inferred as causes of nonconformance issues in the Hot Water Building System: technical regulations out-of-date, project mistakes, inadequate specifications, manufacture problems, execution errors, lack of maintenance or inadequate maintenance. This dissertation, based on the user's requirements as established by NBR 15575-1, objects the identification of performance requirements and criteria, to multistoried residential buildings. This theoretical study was applied to two multistoried residential buildings to find out probable's nonconformance.

**Key-words:** civil construction, building systems, hydraulic and sanitary building systems, hot water building system, building performance, construction pathologies.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ADO:** Avaliação Durante Operação

**ANBT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**APO:** Avaliação Pós-Ocupação

**ABRAVA:** Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**ABINEE:** Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

**CBCS:** Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

**CEPEL:** Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

**CONPET:** Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

**ELETROBRÁS:** Centrais Elétricas Brasileiras S/A

**GLP:** Gás Liquefeito de Petróleo

**GN:** Gás Natural

**INMETRO:** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

**ISO:** International Organization for Standardization

**MME:** Ministério das Minas e Energia

**MDIC:** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

**PBE:** Programa Brasileiro de Etiquetagem

**PBQP-H:** Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no “Habitat”

**PETROBRÁS:** Petróleo Brasileiro S/A

**PROCEL:** Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

**QUALISOL:** Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar

**SPAF:** Sistema Predial de Água Fria

**SPAQ:** Sistema Predial de Água Quente

**SPGC:** Sistema Predial de Gás Combustível

**SPHS:** Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários

**VRP:** Válvula Redutora de Pressão

**VUP:** Vida Útil de Projeto

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Natureza dos problemas patológicos em estudo de caso .....	5
Figura 1.2 - Incidência de problemas patológicos nos edifícios por sistema predial .....	6
Figura 2.1- Chuveiro do final do século XIX e início do século XX .....	10
Figura 2.2 – Sistema Individual (chuveiro elétrico) .....	12
Figura 2.3 – Sistema Individual (aquecedor de passagem a gás) – alimenta único ponto .....	12
Figura 2.4 – Sistema Central Privado (aquecedor de passagem a gás) – sem recirculação .....	13
Figura 2.5 – Sistema Central Privado (sistema conjugado a gás) – com recirculação .....	14
Figura 2.6 - Sistema Central Privado (sistema acumulação elétrico) – com recirculação .....	14
Figura 2.7 – Sistema de aquecimento solar predial .....	15
Figura 2.8 – Geradora de água quente de alta eficiência, com trocadores de calor de 500 litros .....	16
Figura 2.9 – Geradoras de água quente horizontal, com aquecimento indireto .....	16
Figura 2.10 - Sistema de aquecimento conjugado .....	17
Figura 2.11 - Geradora de água quente vertical .....	17
Figura 2.12 – Filtros de tubulação .....	19
Figura 2.13 - Estações Redutoras de Pressão .....	20
Figura 2.14 – Tubulações de retorno .....	22
Figura 2.15 – Respiro no sistema predial de água quente .....	23
Figura 2.16 – Alimentação mista de água quente (ascendente e descendente) .....	24
Figura 2.17 – Indicação de preferência, na utilização de tubulações para condução de água quente no Brasil .....	26
Figura 2.18 - Etiqueta de Eficiência Energética - Coletor Solar .....	30
Figura 2.19 - Selos de Eficiência Energética .....	31
Figura 2.20 - Matriz Energética Brasileira .....	33
Figura 2.21 - Estruturação da Norma de Desempenho .....	36
Figura 2.22 – Desempenho ao longo do tempo .....	38
Figura 2.23 - Esquema da APO .....	47
Figura 2.24 - Produtos Economizadores (arejadores, restritores e registro regulador de vazão) .....	50
Figura 2.25 – Ligações flexíveis para aquecedor .....	52

Figura 3.1 – Exemplo de modelo de formulário para avaliação do SPAQ .....	57
Figura 3.2 – Termômetro infravermelho digital.....	59
Figura 4.1 – Incidência de patologias por sistema predial .....	72
Figura 4.2 – Condições de instalação do aquecedor.....	90
Figura 4.3 – Chaminés de exaustão na fachada do edifício.....	92
Figura 4.4 – Fixação da tubulação antes da execução do forro de gesso .....	106
Figura 4.5 – Saída da chaminé para fachada .....	107
Figura 4.6 – Laje técnica com porta de acesso ao local do aquecedor .....	109
Figura 4.7 – Reservatório térmico com válvula de segurança e dreno.....	110
Figura 4.8 – Altura dos registros de operação (em torno de 2,0m) .....	111
Figura 4.9 – Controlador digital de funcionamento automático do sistema.....	112

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Comparativo entre as exigências do usuário.....	45
Quadro 2.2 - Benefícios esperados com a utilização da metodologia ADO .....	48
Quadro 2.3 – Vazão nas peças de utilização .....	51
Quadro 2.4 – Características dimensionais de ligações flexíveis.....	52
Quadro 2.5 – Temperatura máxima da água na saída do equipamento de aquecimento.....	53
Quadro 4.6 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Segurança Estrutural .....	61
Quadro 4.7 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Segurança no Uso e Operação.....	62
Quadro 4.8 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Estanqueidade.....	63
Quadro 4.9 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Desempenho Acústico .....	64
Quadro 4.10 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Durabilidade e Manutenabilidade .....	65
Quadro 4.11 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Saúde, Higiene e Qualidade do Ar .....	66
Quadro 4.12 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Funcionalidade e Acessibilidade.....	67
Quadro 4.13 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Conforto Tátil e Antropodinâmico .....	68
Quadro 4.14 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Adequação Ambiental .....	69
Quadro 4.15 - Características gerais dos edifícios pesquisados .....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Ocorrências mensais de problemas patológicos em 6 edifícios de construtora da cidade de Ribeirão Preto-SP, no período de agosto de 2004 a outubro de 2006.....	73
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativas .....	4
1.2 Objetivo .....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Histórico .....	9
2.2 Sistema Predial de Água Quente .....	11
2.2.1 Classificação.....	11
2.2.2 Controle e redução de pressão .....	18
2.2.3 Recirculação .....	21
2.2.4 Respiro.....	23
2.2.5 Distribuição .....	24
2.2.6 Materiais e Componentes .....	26
2.3 O SPAQ e as suas fontes energéticas .....	27
2.4 Normalização.....	34
2.5 Desempenho .....	38
2.5.1 Exigências do usuário.....	41
2.5.2 Comparativo entre a ISO 6241 e a NBR 15575-1 .....	45
2.5.3 Requisitos de Desempenho.....	46
2.5.4 Avaliação Pós-Ocupação (APO) e Avaliação Durante Operação (ADO).....	47
2.6 Consumo de água em peças de utilização .....	49
2.7 Temperatura da água .....	53
3 MÉTODO DA PESQUISA .....	56
3.1 Pesquisa bibliográfica.....	56
3.2 Delineamento da pesquisa .....	57
3.3 Instrumentos de medição.....	59
4 RESULTADOS .....	60
4.1 Requisitos e critérios de desempenho para o SPAQ.....	60
4.1.1 Segurança Estrutural.....	61
4.1.2 Segurança no Uso e Operação .....	62

4.1.3 Estanqueidade.....	63
4.1.4 Desempenho Acústico .....	64
4.1.5 Durabilidade e Manutenibilidade.....	65
4.1.6 Saúde, Higiene e Qualidade do Ar .....	66
4.1.7 Funcionalidade e Acessibilidade .....	67
4.1.8 Conforto Tátil e Antropodinâmico .....	68
4.1.9 Adequação Ambiental .....	69
4.2 Estudo de caso .....	70
4.2.1 Histórico de problemas patológicos na construtora pesquisada.....	70
4.2.2 Descrição dos edifícios pesquisados .....	75
4.2.3 Edifício A .....	79
4.2.4 Edifício B.....	95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	114
REFERÊNCIAS .....	116
FONTES CONSULTADAS.....	120
CATÁLOGOS TÉCNICOS .....	121
APÊNDICE A – Formulários para avaliação dos requisitos e critérios de desempenho no SPAQ .....	122
APÊNDICE B – Questionário de entrevista com moradores.....	131
APÊNDICE C – Caracterização do SPAQ no edifício A.....	133
APÊNDICE D – Caracterização do SPAQ no edifício B.....	145
APÊNDICE E – Análise de não conformidades identificadas no edifício B .....	161
ANEXO A – Materiais utilizados na condução de água quente .....	175

## 1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) são os responsáveis diretos por proporcionar, em cada habitação, as condições de saúde e higiene requeridas pelos usuários. Deles fazem parte: o armazenamento e distribuição de água potável, a coleta dos esgotos e posterior despejo na rede pública, o aquecimento da água para higiene e conforto pessoal, a coleta e encaminhamento das águas pluviais, entre outros.

Dentre esses sistemas, o Sistema Predial de Água Quente (SPAQ), numa edificação, é o responsável por oferecer ao usuário a condição de conforto ideal durante uma das principais atividades de higiene do ser humano, que é o banho.

Mas, o que pode ser considerado como condição de conforto ideal?

Quais exigências do usuário devem ser atendidas?

No Brasil, o meio técnico e científico ainda carece de pesquisas relacionadas ao comportamento do usuário no que se refere a sua interação com o SPAQ ou sobre as principais causas de não conformidades no mesmo.

Some-se a isso a complexidade técnica do sistema, sua interface com o Sistema Predial de Água Fria (SPAF), o responsável pelo suprimento de água e, mesmo, a falta de normas técnicas brasileiras adequadas.

Atualmente, a demanda por projetos sustentáveis na construção civil também reforça a necessidade de maior especialização profissional, de conhecimentos técnicos e de preocupação com o desempenho do SPAQ, de forma a contemplar soluções técnicas cujo desempenho seja mais adequado às exigências do usuário, possibilitando o consumo racional dos insumos energéticos na edificação.

Neste sentido, destaca-se a sanção da Lei federal nº10295 no ano de 2001 que versa sobre a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente por

meio do incentivo para busca de novas fontes energéticas, contribuindo para que iniciativas como a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) fosse adotada, de forma voluntária, pelos fabricantes de chuveiros elétricos, aquecedores a gás e aquecedores solares.

A partir da divulgação dos resultados do PBE, o meio técnico e científico passou a ter um importante critério baseado na eficiência energética para a escolha dos vários tipos de aquecedores existentes no mercado.

Para o desenvolvimento de projeto do SPAQ alguns dos parâmetros estão estabelecidos na norma NBR 7198 (ABNT, 1993). Segundo Ilha (2009), “esta norma foi uma das primeiras tentativas de norma de desempenho da área de SPS. A abordagem, porém, é ainda muito ampla, sem a delimitação de grandezas-chave para o adequado desempenho do sistema”. Por esse motivo, parte das decisões de alguns critérios e procedimentos para o desenvolvimento de projetos é deixada somente à experiência prática de engenheiros projetistas, o que, eventualmente, poderá vir a gerar não conformidades a partir do momento em que o sistema começa a ser utilizado pelo usuário.

Em alguns casos, a ocorrência de um problema patológico somente deverá ser constatada após a participação de um profissional com maior experiência profissional sobre o assunto.

Outro aspecto técnico importante na concepção de projeto do SPAQ reside no desempenho que este sistema deveria ter ao longo do tempo.

Segundo Ilha (1991), o conhecimento das exigências do usuário constitui-se numa das premissas básicas para a implantação adequada do SPAQ.

No ano de 2008, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou uma coletânea de normas de desempenho, que entrarão em vigor a partir do ano de 2010, e são baseadas nas exigências do usuário visando estabelecer os requisitos e critérios de desempenho para edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Esses mesmos requisitos e

critérios também poderão ser aplicados em edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos, excetuados aqueles que dependem da altura. A Parte 6 deste conjunto trata especificamente dos requisitos para os SPHS.

Após a ocupação da edificação, já no âmbito de responsabilidade do usuário, as ações de inspeção e de manutenção nos SPHS também devem ser consideradas para manter o SPAQ com o desempenho requerido ou para prolongar a sua vida útil.

Dentro deste contexto, nesta dissertação, a partir das exigências do usuário, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para a sistematização de quais são os principais requisitos e critérios de desempenho do SPAQ.

A partir deste entendimento fez-se inspeções e levantamento de dados em dois edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos de uma construtora localizada na cidade de Ribeirão Preto-SP para observação de não conformidades no SPAQ.

## 1.1 Justificativas

Os SPHS são responsáveis diretos pelas condições de saúde e higiene, requeridas para a habitação, além de apoiarem todas as funções humanas nela desenvolvidas (cocção de alimentos, higiene pessoal, condução de esgotos, etc.). Devem, portanto, serem incorporados à edificação de forma a garantir a segurança dos usuários, sem riscos de queimaduras, explosões, incêndios ou outros acidentes.

Segundo Conceição (2007), diferentemente da maioria de outros subsistemas, os SPHS passam a entrar em equilíbrio somente depois de a edificação ser ocupada por seus usuários, e é neste momento que o mau funcionamento do mesmo começa a gerar problemas ao bem-estar físico e psicológico do ser humano.

De modo geral se constata que as pessoas convivem diariamente com inúmeras falhas nos SPHS, que consideram como normais, mas que na realidade ocorrem devido a projetos mal elaborados, execução inadequada, utilização de componentes não normalizados, falta de orientação ao usuário e várias outras causas que necessitam serem encontradas.

Conseqüentemente, os problemas de desempenho insatisfatório também começaram a ser entendidos dentro de um contexto global.

Para se analisar a adequação ao uso dos SPHS em relação à sua função, independentemente da solução técnica adotada, deve-se avaliar seu desempenho.

Ao longo dos últimos anos, vem crescendo a preocupação com a qualidade dos edifícios construídos. No Brasil, a cultura da manutenção preventiva ainda está em desenvolvimento, mas conceitos como APO (Avaliação Pós-Ocupação), ADO (Avaliação Durante a Operação), inspeção predial e qualidade predial da edificação começaram a surgir.

Segundo Gomide (2006), a finalidade da inspeção predial é determinar as

“doenças”, ou melhor, as anomalias e falhas de uso, operação e manutenção que prejudiquem a qualidade do edifício.

Poucos dados estão disponíveis na literatura nacional sobre desempenho, não conformidades ou problemas patológicos especificamente para o SPAQ. Reygaerts<sup>1</sup> citado por Amorim (1989), após pesquisa realizada na Bélgica entre 1974 e 1975, em 1200 casos de edificações que apresentavam problemas, concluiu que 4,0% do total dessas ocorrências referiam-se a este sistema (Figura 1.1).

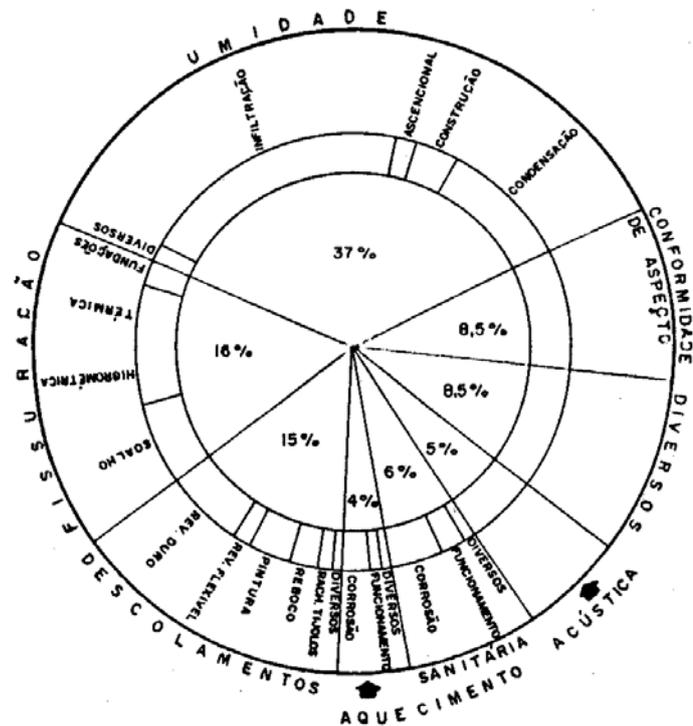
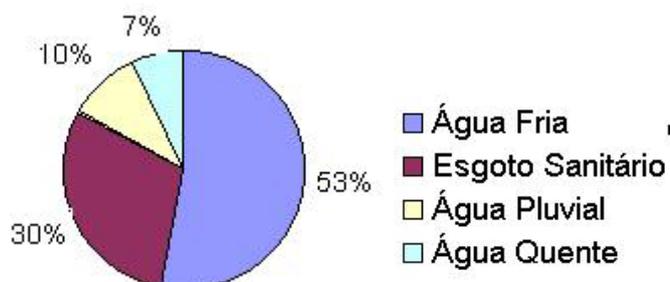


Figura 1.1 – Natureza dos problemas patológicos em estudo de caso  
Fonte: Amorim (1989)

Amorim (1997), após pesquisa realizada em 29 edifícios residenciais acima de 4 pavimentos, na cidade de São Carlos, constatou que, do total de problemas patológicos

<sup>1</sup> REYGAERTS, J.; GASPER, M.; DUTORDOIR, C. **1200 Problems: Erreurs de conception.** Défaits de construction. Dégats. CSTC Revue, Bruxelles, (3): 2-6, sep., 1976.

ocorridas nos SPHS, 53% referiam-se a água fria, 30% a esgoto sanitário, 10% a água pluvial e 7% a água quente (Figura 1.2).



**Figura 1.2** - Incidência de problemas patológicos nos edifícios por sistema predial  
Fonte: Amorim (1997)

Dos resultados dos autores mencionados, conclui-se que o percentual de ocorrências de problemas patológicos nos SPAQ pode ser considerado baixo, em relação ao total geral de ocorrências.

Mas qual o percentual mínimo que pode ser considerado como aceitável e em qual período de tempo? Qual será o desempenho mínimo aceitável para o SPAQ? Quais fatores influenciam na ocorrência de não conformidades ou dos problemas patológicos?

Ainda aqui esbarra-se na falta de pesquisa e de publicações sobre o assunto, que contribuiria para melhoria da qualidade nas soluções de projeto e nas normas e critérios de execução.

Pode-se afirmar que é desconhecido o desempenho que o SPAQ deve apresentar.

Por isso, alguns fatores impulsionaram o desenvolvimento desta dissertação:

- Inicialmente, a experiência profissional no desenvolvimento de projetos dos SPHS, que possibilitou a compreensão do grau de complexidade, o estudo técnico dos sistemas existentes e a concepção de variadas soluções para o SPAQ.

- As trocas de experiências com outros profissionais de projeto de SPHS, com engenheiros, mestres de obras e encarregados em reuniões de compatibilização; visitas em obras onde se abordavam assuntos referentes aos problemas patológicos que ocorriam no SPAQ.
- O reconhecimento da necessidade de estudo sobre desempenho dos SPHS, devido a escassez de pesquisas, bibliografias e dados na área, sendo mais ressaltada no SPAQ.
- A necessidade de retroalimentação do processo de projeto e execução, por meio da compreensão das principais falhas.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é identificar os requisitos e critérios de desempenho do SPAQ, em edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, neste capítulo, se fará um breve levantamento sobre a história do banho, uma classificação do SPAQ em relação às suas principais características técnicas, descrição informativa dos materiais e componentes mais utilizados.

A seguir, serão analisadas as principais fontes energéticas para o SPAQ disponíveis no Brasil; o impacto que o chuveiro elétrico gera em horários de pico; uma análise sobre os motivos que levaram o governo a incentivar a busca por fontes alternativas à energia elétrica; as ações que estão sendo tomadas para contribuir com a mudança da matriz energética nacional.

Para o SPAQ, além de serem analisados os requisitos de desempenho estipulados nas normas técnicas brasileiras e as principais características de sustentabilidade que o sistema deve ter, será feito também a comparação entre as exigências do usuário descritas pela ISO 6241 (ISO, 1984) e a NBR 15575-1 (ABNT, 2008).

Como método de pesquisa estuda-se as formas de avaliação sistemática de edifícios como a APO e ADO, utilizadas neste trabalho.

Finalizando o capítulo, estuda-se o impacto do consumo de água em peças de utilização e a temperatura da água em SPAQ.

## 2.1 Histórico

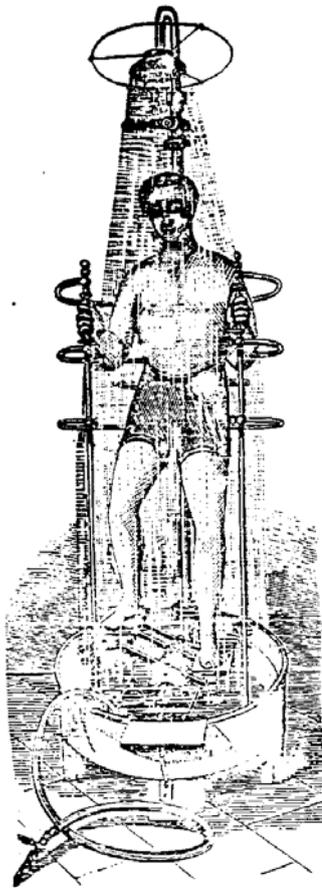
Ao longo da história, o costume do banho trouxe para dentro das habitações o prazer de nadar em um rio ou lago. Utilizar-se de uma banheira abastecida com água normal ou aquecida tornou-se um preceito de higiene comum.

No Egito, por exemplo, foram encontrados tubos de cobre enterrados para a condução e retirada de água de banheiros dos palácios dos faraós. Na ilha de Creta, escavações no Palácio de Cnossos mostraram a existência de uma rede de água e esgoto já no século 1000 a.C. Também foram encontradas evidências de aparelhos sanitários, rede de água fria, rede de esgoto e até de um sistema de aquecimento de água. É importante ressaltar que todas essas instalações eram reservadas aos reis, sacerdotes e à corte.

Na Roma antiga, ir às termas era uma forma de ocupar as horas vagas onde eram atendidas as necessidades de bem-estar físico, bem como um centro de convívio social.

Segundo Liberati (2005), a água que devia ser aquecida era desviada para as caldeiras e de lá, misturada com água fria, que passava para as banheiras destinadas aos banhos quentes.

Na cultura ocidental, o banho rotineiro foi um costume re-introduzido no século 19, na Europa, principalmente pela maior facilidade de aquecer água. Assim, novas termas, agora chamadas de balneários ou estação de águas, foram criadas em localidades como Caldas da Rainha. Com a ascensão burguesa, locais apropriados para o banho foram introduzidos nas casas (Figura 2.1).



**Figura 2.1-** Chuveiro do final do século XIX e início do século XX

Fonte: <http://www.banhoeconomico.com.br/hist1.htm>

No Brasil, muitos povos indígenas que aqui viviam já tinham o hábito de tomar banho nos rios diariamente. Esse é um hábito presente até hoje no Brasil, e é considerado uma das heranças culturais dos povos indígenas.

Atualmente, utiliza-se a água quente em instalações de hotéis, “flats” e motéis, clubes e academias, hospitais, laboratórios e clínicas, restaurantes, em processos industriais (têxtil, petroquímico, papel e celulose, alimentos e outros), em edifícios habitacionais de apartamentos e também em residências.

## **2.2 Sistema Predial de Água Quente**

Nesta dissertação será tratado o SPAQ em unidades habitacionais, para o uso em higiene e conforto humano, para as fontes energéticas mais comumente utilizadas que são: eletricidade, gás combustível (GLP e GN) e solar.

A produção de água quente deverá ser feita a partir de um processo de transferência de calor de uma fonte energética para que a água aqueça até determinada temperatura. A definição do sistema de aquecimento adotado deverá determinar a necessidade ou não de haver armazenamento da água quente, bem como a temperatura final de aquecimento da água.

### **2.2.1 Classificação**

O sistema predial de água quente pode ser classificado em sistema individual, sistema central privado e sistema central coletivo.

#### **a) Sistema Individual**

É quando o sistema de aquecimento alimenta um único ponto da unidade habitacional.

Caso o aquecimento já seja feito no próprio ponto de consumo não há necessidade de rede, como no caso de chuveiros (Figura 2.2) e torneiras elétricas.

Utiliza-se também, os aquecedores instantâneos (Figura 2.3), que aquecem a água instantaneamente e a distribui por uma rede até a peça de alimentação.



**Figura 2.2** – Sistema Individual (chuveiro elétrico)



**Figura 2.3** – Sistema Individual (aquecedor de passagem a gás) – alimenta único ponto

## b) Sistema Central Privado

É quando o sistema de aquecimento alimenta vários pontos da mesma unidade habitacional. Poderá ser feito por meio de aquecedor instantâneo (Figura 2.4) ou por aquecedores de acumulação à gás (Figura 2.5) ou elétrico (Figura 2.6).

A distribuição da água quente até os pontos de consumo é feita por uma rede de distribuição. Neste sistema, pode haver uma rede de recirculação de água quente que após alimentar os ambientes hidráulicos, retorna para o aquecedor.



**Figura 2.4** – Sistema Central Privado (aquecedor de passagem a gás) – sem recirculação



**Figura 2.5** – Sistema Central Privado (sistema conjugado a gás) – com recirculação



**Figura 2.6** - Sistema Central Privado (sistema acumulação elétrico) – com recirculação

### c) Sistema Central Coletivo

É quando o subsistema de aquecimento alimenta vários setores de uma edificação ou várias unidades habitacionais na mesma edificação como, por exemplo, um edifício de apartamentos ou um hotel. A distribuição da água quente até as unidades deverá ser feita por uma rede, sendo recomendada, a recirculação de água quente na rede principal de distribuição (ver item 2.2.5).

Dentre as opções de sistema central coletivo, podem-se citar o sistema de aquecimento solar (Figura 2.7), os sistemas de aquecimento indireto como as geradoras de água quente de alta eficiência (Figura 2.8) e as geradoras de água quente horizontal (Figura 2.9), sistema de aquecimento conjugado (Figura 2.10) e as geradoras de água quente vertical (Figura 2.11).



**Figura 2.7** – Sistema de aquecimento solar predial



**Figura 2.8** – Geradora de água quente de alta eficiência, com trocadores de calor de 500 litros



**Figura 2.9** – Geradoras de água quente horizontal, com aquecimento indireto



**Figura 2.10** - Sistema de aquecimento conjugado



**Figura 2.11** - Geradora de água quente vertical

### 2.2.2 Controle e redução de pressão

Conforme a NBR 7198 (ABNT, 1993), em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa (40 mca).

Para controle da pressão na rede deve-se adotar o uso de válvula redutora de pressão (VRP), cuja função é reduzir a pressão de abastecimento para um valor desejado e constante. A VRP não só protege as tubulações, flexíveis e aquecedores, da alta pressão, mas também contribui para a redução do consumo de água e dos níveis de ruído devido à alta velocidade da água na tubulação.

Para a correta especificação de uma VRP, além das pressões à montante e à jusante da válvula, deverá ser considerada a vazão máxima de trabalho da rede, não devendo, portanto, ser dimensionada pelo diâmetro nominal da tubulação.

O funcionamento adequado deve ser assegurado mantendo uma redução de pressão mínima de 1 bar (10 mca) entre a pressão de abastecimento e a pressão de saída.

Para edifícios de andares múltiplos, em que se faz necessário este controle, recomenda-se que sejam instaladas duas unidades em paralelo, servindo uma de reserva da outra, não sendo recomendada a instalação de desvio (*by-pass*) referente às válvulas que alimentam aquecedores.

Quando for utilizada alguma VRP que não tenha um filtro integrado, para protegê-la de partículas de sujeira, deverá também ser previsto a instalação de um filtro de tubulação (Figura 2.12), à montante da respectiva válvula.



**Figura 2.12** – Filtros de tubulação

Os materiais e componentes utilizados na rede de alimentação de água, a jusante e a montante da VRP, deverão ter resistência mecânica, às pressões de serviço e temperatura, às quais o sistema estará submetido.

A altura da edificação poderá determinar a necessidade de mais de um sistema de redução de pressão, de forma que, em qualquer ponto de utilização, a pressão disponível atenda aos requisitos estabelecidos. Em função dos espaços disponíveis nas áreas comuns, a estação redutora de pressão (Figura 2.13), usualmente é instalada em pavimentos inferiores (subsolo, térreo ou pavimentos de transição), mas também poderá ser instalada em pavimentos intermediários do edifício, sendo que, em ambos os casos deverão ser previstos espaços para inspeção e manutenção da mesma.



**Figura 2.13** - Estações Redutoras de Pressão  
(Sistema Baixo e Sistema Intermediário)

A regulagem da VRP irá variar em função da altura da edificação (pressão à montante), da posição em que está instalada e do limite de pressão do último pavimento abastecido pelo sistema.

No SPAQ, a pressão máxima admissível, especificada para cada aquecedor, deverá estar compatibilizada com os sistemas de redução de pressão.

Para aquecedores de passagem e de acumulação em sistema individual ou central privado, a redução de pressão deverá estar à montante da coluna de alimentação.

Para sistemas centrais coletivos, a VRP deverá estar posicionada a montante do aquecedor e da interligação com tubulação de recirculação, garantindo a equalização das pressões de serviço em cada sistema de pressão e contribuindo com a recirculação da água quente, que será discutida no item seguinte.

### 2.2.3 Recirculação

No SPAQ ocorre a perda de calor, por convecção, radiação e condução, na circulação da água ao longo da rede de alimentação.

Desta forma, se durante algum tempo não houver consumo e a água permanecer parada na tubulação, ocorre a queda de temperatura de tal forma que afeta o conforto dos usuários e o desempenho do sistema.

O problema se agrava à medida que o traçado da tubulação aumenta, pois ocorre um desconforto pela demora da chegada da água quente e desperdício de água, que irá ocorrer até a água atingir a temperatura desejada no ponto de consumo. Por esse motivo, em função do material, o isolamento térmico das tubulações deve ser executado de forma a minimizar a dissipação do calor e o conseqüente consumo excessivo de energia, como parte fundamental de qualquer programa de sustentabilidade na cadeia da construção civil.

A solução técnica empregada para solucionar este tipo de exigência é a previsão de um sistema de recirculação em circuito fechado, que é o retorno da água quente do ponto mais distante da rede de volta para sistema de aquecimento central. Considera-se que, no circuito fechado, formado pelos trechos ascendentes e descendentes da rede, toda a água quente circula, mesmo quando todos os pontos estão fechados.

Em sistema central de aquecimento, a recirculação pode ser de forma natural (termossifão), devido à carga gerada pela diferença de densidade entre a água fria (alimentação do sistema) e a água quente (gerada pelo sistema), ou por circulação forçada, onde será necessária a instalação de uma bomba que forneça energia à água para que se estabeleça a corrente de recirculação.

Conforme descrito no item anterior, a exigência de controle de pressão no SPAQ faz com que alguns cuidados devam ser tomados para que a recirculação ocorra de forma adequada.

Em sistemas de aquecimento central coletivo tubulações de retorno deverão ter registro de globo, para o controle e equalização das vazões e pressões entre as prumadas. (Figura 2.14).

O retorno deve ser direcionado e conectado no respectivo aquecedor, preservando a equalização dos sistemas de pressão.

Especial atenção deverá ser dada aos ramais de retorno, de forma a fazer o traçado mais curto possível. Cada ramal de retorno deve ser provido de válvula de retenção; deve ser protegido por registro que possibilite o controle de vazão; e em todos os desvios horizontais as tubulações deverão estar em declive na direção ao sentido do fluxo da água, solução que irá impedir o acúmulo de ar nas tubulações e auxiliar a recirculação do sistema.



**Figura 2.14** – Tubulações de retorno

Outro fator a ser considerado na recirculação do sistema de água quente deverá ser a formação de vapor e o acúmulo de ar na rede, a ser eliminado pelo respiro, que será tratado a seguir.

### 2.2.4 Respiro

A entrada de ar nos SPHS provém de vários motivos como, por exemplo, o ar presente na rede antes da entrada em funcionamento ou mesmo o ar que entra após a drenagem do sistema em casos de manutenção.

No SPAQ, o acúmulo de ar em pontos da rede poderá diminuir o fluxo de água no sistema e até mesmo provocar sua total obstrução.

No sistema central coletivo, o respiro (Figura 2.15) é um dispositivo de segurança que tem a finalidade de eliminar o ar acumulado na rede de água quente e evitar o aumento da pressão de vapor no caso de ocorrência de superaquecimento. Trata-se de um tubo vertical que deve subir a uma altura acima do nível de transbordamento da caixa d'água que alimenta o sistema.

Deverá ser previsto para todos os sistemas de pressão da edificação, e também para o sistema predial de água fria.



**Figura 2.15** – Respiro no sistema predial de água quente

### 2.2.5 Distribuição

Em sistemas de aquecimento de água com aquecedor central coletivo, as formas de alimentação de água quente empregadas em edifícios residenciais são:

- Alimentação ascendente: sistema de distribuição de água quente, para as unidades residenciais ou pontos de consumo, em que a alimentação é feita a partir de um barrilete inferior.
- Alimentação descendente: sistema de distribuição de água quente que parte de colunas de recalque para um barrilete superior, e que posteriormente alimenta as colunas de abastecimento das unidades residenciais ou pontos de consumo.
- Alimentação mista: sistema de distribuição de água quente resultante da combinação dos dois modelos anteriores (Figura 2.16).

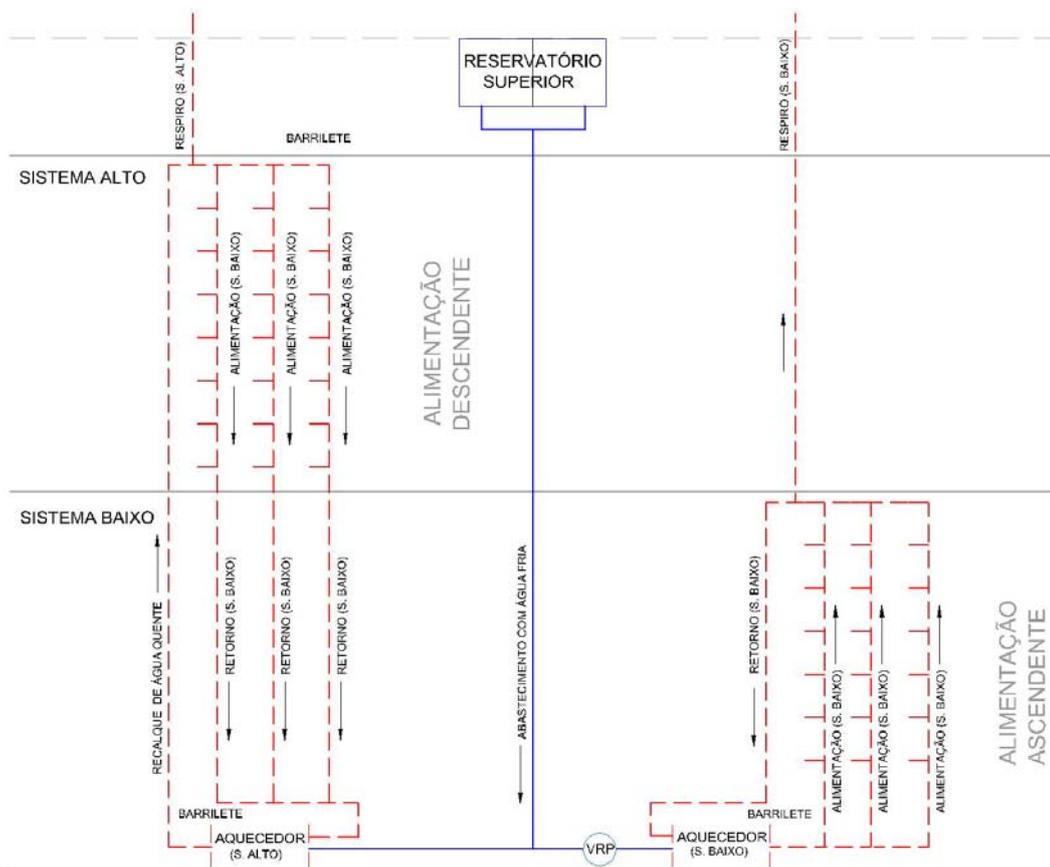


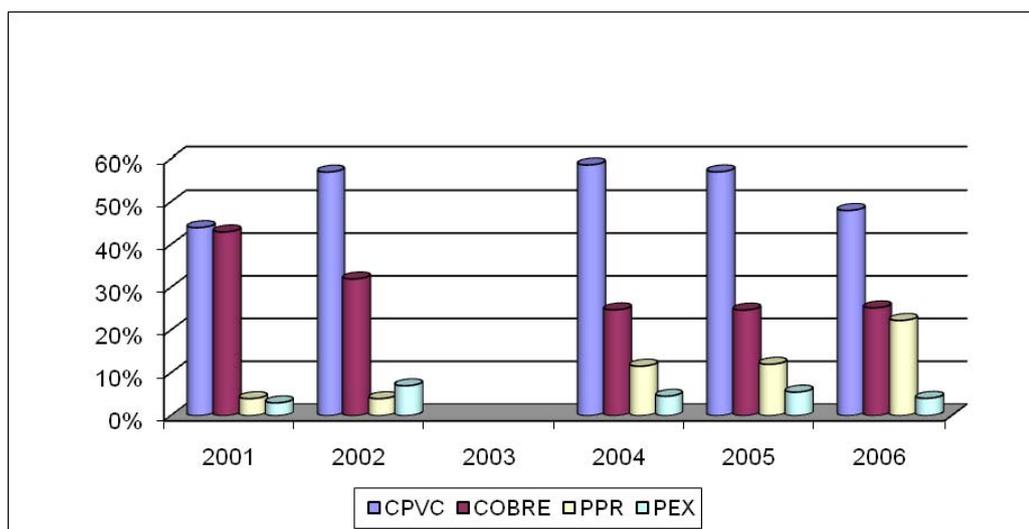
Figura 2.16 – Alimentação mista de água quente (ascendente e descendente)

Neste estudo, por ser a mais usual, serão consideradas apenas as situações de instalação em que o sistema de aquecimento se encontra instalado em pavimento inferior (térreos, mezaninos ou pavimentos técnicos).

## 2.2.6 Materiais e Componentes

Neste item, serão relacionadas quais são as principais características técnicas dos materiais e componentes do SPAQ.

Nesta dissertação, serão apenas descritos os materiais para condução de água quente mais utilizados no Brasil. A escolha dos materiais a serem estudados se baseia nas últimas edições de pesquisa do Prêmio PINI, que aponta os materiais preferidos, escolhidos pelos participantes de enquete. A seguir serão demonstrados os resultados publicados entre 2001 e 2006, ressaltando-se que na edição de 2003 não houve pesquisa específica na categoria de tubos para condução de água quente.



**Figura 2.17** – Indicação de preferência, na utilização de tubulações para condução de água quente no Brasil<sup>2</sup>

Pelos resultados da pesquisa demonstrados na Figura 2.17, observa-se que os principais materiais utilizados para condução de água quente no Brasil são os seguintes: Policloreto de vinila clorado (CPVC), Cobre, Polipropileno Copolímero Random - Tipo 3 (PPR) e Polietileno Reticulado (PEX).

No Anexo 1 serão descritas as características de cada material a ser estudado.

<sup>2</sup> Em 2003 não houve pesquisa específica de tubos para condução de água quente.

### 2.3 O SPAQ e as suas fontes energéticas

No Brasil, a água quente está presente na maioria das edificações residenciais, seja para conforto e higiene pessoal, cozimento de alimentos, higienização de utensílios, seja na climatização de ambientes e aquecimento de piscinas.

Como principais sistemas de geração de água quente pode-se destacar as geradoras de água quente, sistemas conjugados, centrais térmicas, reservatórios/trocadores de calor, caldeiras murais, bombas de calor, sistemas solares fotovoltaicos, aquecedores de acumulação e aquecedores de passagem.

As principais fontes energéticas para geração de água quente podem ser obtidas pela eletricidade, por gases combustíveis (GLP e GN), pelo sol, por outras fontes (lenha, carvão, óleo diesel, óleo BPF, bagaço de cana...), ou pela combinação de fontes como solar e eletricidade, solar e gás combustível, eletricidade e gás combustível ou solar com gás combustível e eletricidade.

Segundo Petrucci (1998), combustíveis como óleo diesel ou óleo BPF não são comuns em aquecimento de água exclusivamente para consumo predial, aparecendo na grande maioria dos casos associados à produção de vapor, que atende a determinadas atividades ligadas ao processo fim da edificação, como é o caso típico de máquinas de lavanderia ou cozinhas industriais em grandes hotéis e hospitais.

No SPAQ, no Brasil, o chuveiro elétrico é o sistema de aquecimento de água mais utilizado, devido ao seu baixo custo inicial, facilidade de instalação, disponibilidade de ser adquirido em variados tipos de estabelecimentos comerciais, que vão desde lojas de materiais de construção e acabamentos aos supermercados ou mini-mercados de bairros.

Segundo Rispoli (2001) "O chuveiro elétrico, com cerca de 95% de eficiência na transformação de energia elétrica em calor transferido à água de banho, pode ser

considerado como um grande invento. Porém, essa eficiência é utilizada em curtos intervalos de tempo e concentrados num mesmo horário. Quando esse consumo simultâneo é somado à carga demandada para outras finalidades, gera-se o conhecido horário de pico ou de ponta."

Para Ilha (1991) "a concentração de uso do chuveiro elétrico torna-se mais crítica em horários de pico, isto é, entre 6 e 8 horas e entre 18 e 21 horas, em dias de semana. Essa popularização do uso de chuveiros elétricos, durante as horas de pico, gera uma sobrecarga no sistema de energia elétrica".

"O chuveiro elétrico é o grande vilão do setor energético brasileiro", diz o pesquisador Ari Vaz Pinto, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), à Pamplona (2007).

Devido a esse impacto, causado pelo consumo simultâneo no uso do chuveiro, no Brasil, algumas medidas foram tomadas visando o consumo racional de energia elétrica e a mudança gradativa da matriz energética.

Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) iniciou a discussão com a sociedade brasileira, sobre a questão da eficiência energética, com a finalidade de racionalizar o uso dos diversos tipos de energia no país, informando aos consumidores por meio de etiquetas, a eficiência energética de cada produto.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é decorrente do protocolo firmado entre o então Ministério da Indústria e do Comércio, hoje denominado Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com a interveniência do Ministério das Minas e Energia (MME).

O Programa que avalia os equipamentos eletrodomésticos, selecionando, testando e classificando os produtos de maior eficiência em relação ao consumo, atua por

meio de etiquetas informativas, com o objetivo de alertar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns produtos como:

- aquecedores de acumulação elétricos;
- aquecedores a gás, dos tipos instantâneo e de acumulação;
- aquecedores híbridos de acumulação elétricos;
- aquecedores de hidromassagem elétricos;
- aquecedores de passagem elétricos;
- bombas de calor;
- chuveiros elétricos;
- chuveiros inteligente elétricos;
- coletores acoplados;
- coletores solares planos - banho;
- coletores solares planos - piscina;
- reservatórios térmicos;
- torneiras elétricas.

Desenvolvido por meio da adesão voluntária dos fabricantes, tem apoio de dois importantes parceiros: Centrais Elétricas Brasileiras S/A (ELETROBRÁS), mediante o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRÁS), por meio do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

Por sua vez, o Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar - QUALISOL é resultado de um protocolo firmado entre o INMETRO, o PROCEL e a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e

Aquecimento (ABRAVA), e visam aumentar o conhecimento de fornecedores em relação ao aquecimento solar, a qualidade dos sistemas e a satisfação dos consumidores.

Os resultados desses testes determinam uma escala onde todos serão classificados. Esses testes são repetidos periodicamente, a fim de manter a escala atualizada.

Esse Programa incentiva a melhoria contínua do desempenho dos eletrodomésticos, buscando aperfeiçoar o processo de qualidade dos mesmos e estimula a competitividade do mercado, já que, a cada nova avaliação, a tendência é que os fabricantes procurem atingir níveis de desempenho melhores em relação à avaliação anterior (Figura 2.18).

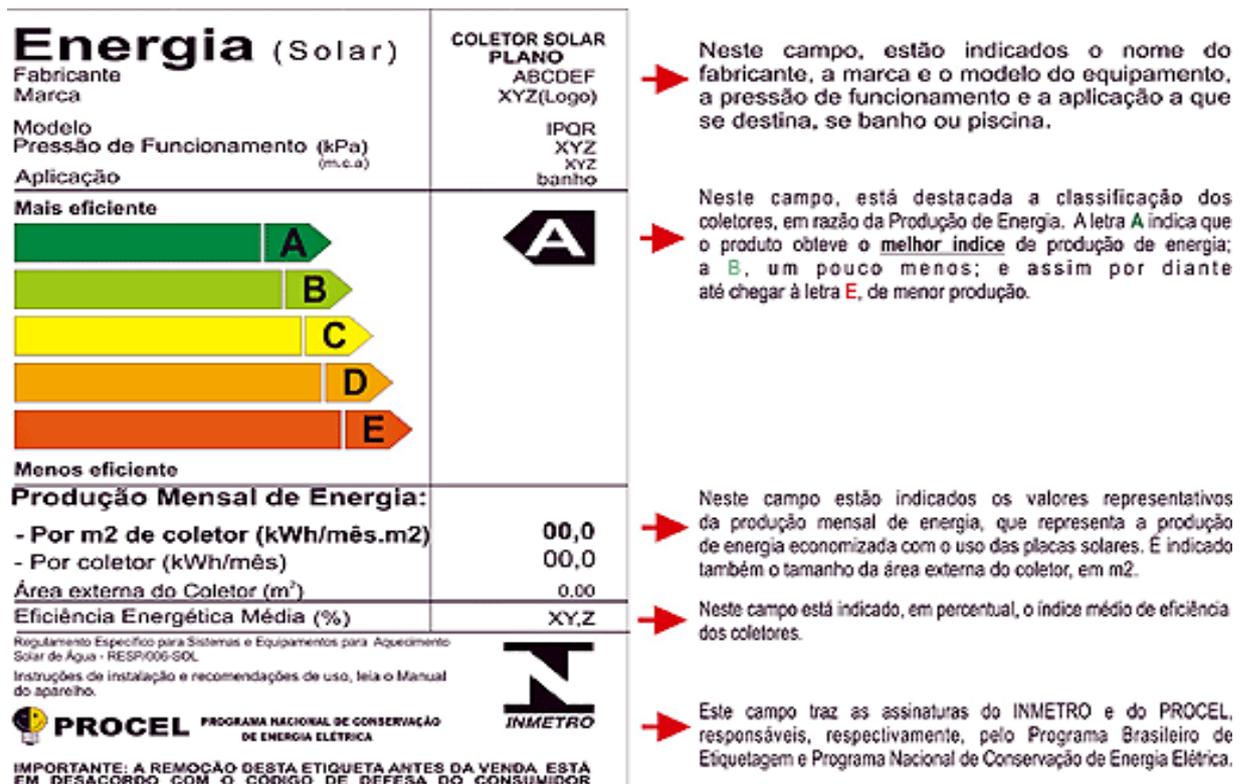


Figura 2.18 - Etiqueta de Eficiência Energética - Coletor Solar

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp>

Os produtos etiquetados que apresentam o melhor desempenho energético em sua categoria recebem um selo de eficiência energética, sendo feita a distinção dos mesmos para o consumidor. Para os equipamentos elétricos domésticos etiquetados é concedido anualmente o Selo Procel. Para aparelhos domésticos a gás é concedido o Selo Conpet (Figura 2.19).



**Figura 2.19** - Selos de Eficiência Energética  
 Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeselo.asp>

Segundo a ELETROBRÁS, citado por Lima (2003), em 2001 as usinas hidroelétricas foram responsáveis por 95% da energia elétrica gerada no país.

Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008) mostram que o Brasil superou, no ano de 2007, a marca de 100 mil megawatts (MW) em potência instalada (75% de fonte hídrica e 25% de fonte térmica), e que persiste na busca da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis; em 2008 realizou-se o primeiro leilão de biomassa, energia gerada pela queima do bagaço de cana-de-açúcar. A agência estabelece, ainda, que o equilíbrio entre oferta e demanda não deve ser alcançado apenas aumentando-se a oferta. É possível e desejável atuar também pelo lado da demanda.

Dessa forma, nota-se a implantação de políticas públicas que incentivam o uso racional da energia elétrica e de fontes energéticas alternativas.

Para contribuir com esse objetivo, algumas opções de fonte energética estão sendo adotadas para o aquecimento da água para higiene pessoal. Pode-se considerar que, depois da eletricidade, as mais usadas são gás combustível (gás natural ou gás liquefeito de petróleo) e, em menor escala, a energia solar.

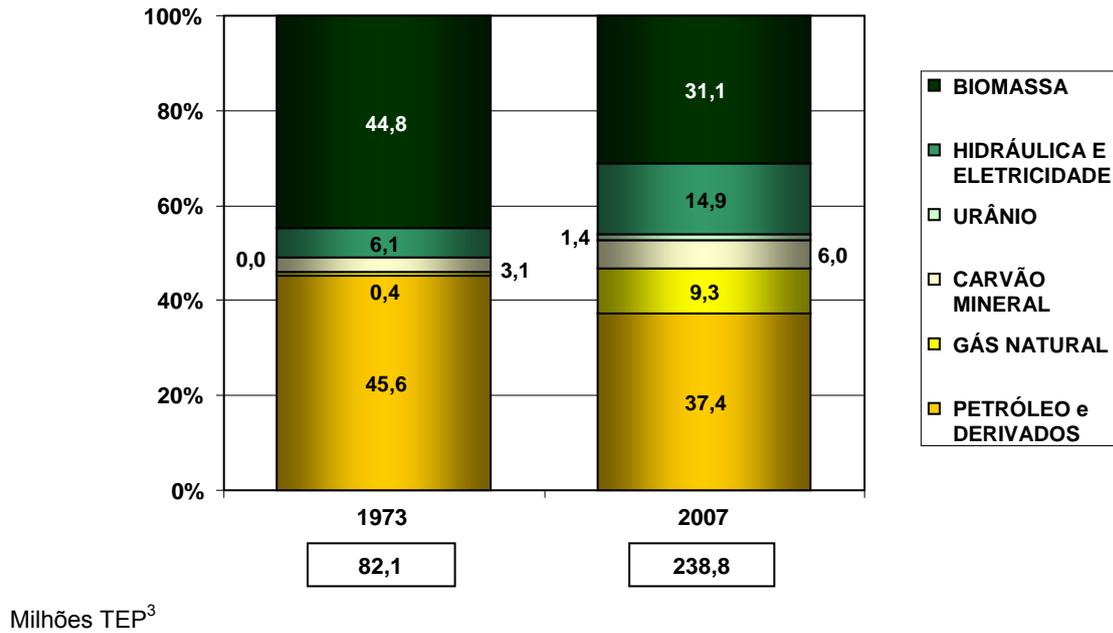
Atualmente o Governo Federal já demonstra interesse em incentivar o uso da energia solar em edificações residenciais. Vários municípios já se organizam para ampliar o uso de energia solar nas edificações e sancionaram leis municipais nesse sentido, tal como em São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro, Campinas e Belo Horizonte.

Estas iniciativas têm como objetivo, além da economia com gastos na geração de energia elétrica, a diminuição do consumo de energia elétrica no período de pico e a mudança gradativa da matriz energética.

Segundo dados do Ministério das Minas e Energia (MME), no período de 1973 a 2007, a Matriz Energética Brasileira passou por alterações significativas em sua estrutura, com aumento de participação da energia hidráulica e do gás natural e redução de participação do petróleo e da biomassa.

Nota-se, pela Figura 2.20, o aumento da participação do gás natural na matriz energética do Brasil, cuja expansão acelerada de consumo (de 0,4% em 1973 a 9,3% em 2007), está diretamente relacionada às importações da Bolívia por meio de uma rede de gasodutos.

O interesse pelo gás natural está diretamente relacionado à busca de alternativas ao petróleo e de fontes menos agressivas ao meio ambiente.



**Figura 2.20** - Matriz Energética Brasileira

Fonte: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=15043](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=15043)

No SPAQ, de modo geral, a escolha de uma fonte energética alternativa à eletricidade depende de fatores como: disponibilidade do energético na região, custo inicial para implantação do sistema de aquecimento e custo de funcionamento (operacional) do sistema durante o uso.

<sup>3</sup> TEP - Toneladas Equivalentes de Petróleo

## 2.4 Normalização

A NBR 7198 (ABNT, 1993), visando a higiene, segurança, economia e o conforto dos usuários, estabelece as exigências técnicas mínimas a serem atendidas no projeto e execução do SPAQ.

Esta Norma se aplica ao SPAQ para uso humano com temperatura da água até 70°C e cita alguns requisitos e critérios, os quais são listados a seguir:

- a) Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente e temperatura controlável, com segurança aos usuários, com as pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários e das tubulações;
- b) Preservar a potabilidade da água;
- c) Proporcionar o nível de conforto adequado aos usuários;
- d) Racionalizar o consumo de energia.
- e) Os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água;
- f) Limites nas pressões de serviço: a pressão estática máxima nos pontos de utilização não deve ser superior a 400 kPa e as pressões dinâmicas nas tubulações não devem ser inferiores a 5 kPa;
- g) A velocidade da água nas tubulações não deve ser superior a 3 m/s;
- h) Para tubulações, dependendo do tipo de material especificado e das peculiaridades da instalação, deve ser considerada a necessidade de seu isolamento térmico e acústico, sendo levado em consideração o efeito de dilatação e contração térmica da tubulação, e que sejam cumpridas as especificações de instalação para cada tipo de material;
- i) As tubulações não sejam solidárias aos elementos estruturais, devendo ser alojadas em passagens projetadas para este fim;

- j) Sejam previstos registros de fechamento no início de cada coluna de distribuição e em cada ramal, no trecho compreendido entre a respectiva derivação e o primeiro sub-ramal;
- k) As tubulações de água fria, que alimentam misturadores, não estejam conectadas a barrilete, colunas de distribuição e ramais que alimentam válvulas de descarga;
- l) Seja permitida tubulação única, desde que não alimente válvulas de descarga, para alimentação de aquecedores e pontos de água fria, e que seja impossibilitado o retorno de água quente para a tubulação de água fria;
- m) A tubulação de retorno da água quente seja instalada com declive e provida, se necessário, de recirculação;
- n) Na conexão de ramais de retorno, cada ramal seja provido de válvula de retenção protegida por registro ou de dispositivo que possibilite o controle de vazão;
- o) Os diâmetros nominais (DN) mínimos dos sub-ramais, e dos respectivos engates e tubos de ligação, sejam escolhidos em decorrência dos valores das velocidades e vazões consideradas, do tipo de material especificado, verificando-se as pressões dinâmicas mínimas, necessárias para o funcionamento dos respectivos aparelhos sanitários;
- p) Quando as tubulações forem projetadas e executadas de modo a permitir dilatações térmicas, de acordo com o material, sejam por meio de juntas de expansão ou outros dispositivos, ou por meio do seu traçado, devendo-se garantir o perfeito funcionamento do sistema. Deve-se observar que os tubos e as conexões devem ser confinados por dispositivos apropriados, que permitam livre movimentação, e minimizem a flambagem dos trechos. Os tubos e as conexões, nesse caso, devem ser ancorados de forma a suportar os esforços mecânicos que surgem em decorrência da restrição à livre dilatação térmica da tubulação.

Em 2008 a ABNT publicou a Norma de Desempenho para Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos dividida em 6 partes. Trata-se de um conjunto de normas voltadas para processos e tecnologias inovadoras, e também que podem ser aplicadas no que couber, para as tecnologias tradicionais de construção.

Segundo Gomide (2006), a sistemática utilizada na estruturação dessas Normas partiu das exigências do usuário, já abordada por Amorim (1989), que são parâmetros de ordem qualitativa aplicados à edificação a ser analisada. A edificação, inserida em determinadas condições de exposição ambiental e condições de uso, será submetida às manutenções até que se atinja o nível de desempenho adequado. Os requisitos de desempenho são definidos e então propostos critérios e métodos de avaliação objetivando um padrão no atendimento ao requisito (Figura 2.21).



**Figura 2.21** - Estruturação da Norma de Desempenho  
Fonte: Gomide (2006)

A NBR 15575 é composta por um conjunto normativo amplo, integrado pelas seguintes partes:

- NBR 15575-1 (ABNT, 2008) - **Parte 1** – Requisitos gerais.
- NBR 15575-2 (ABNT, 2008) - **Parte 2** - Requisitos para os sistemas estruturais.
- NBR 15575-3 (ABNT, 2008) - **Parte 3** - Requisitos para os sistemas de pisos internos.
- NBR 15575-4 (ABNT, 2008) - **Parte 4** - Sistemas de vedações verticais externas e internas.
- NBR 15575-5 (ABNT, 2008) - **Parte 5** - Requisitos para sistemas de coberturas.
- NBR 15575-6 (ABNT, 2008) - **Parte 6** - Sistemas hidrossanitários.

Na parte 1, são definidos os requisitos e critérios gerais de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional como um todo, e que não podem ser avaliados de forma isolada. Apresenta uma lista geral de exigências do usuário, utilizada como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios, que sendo os mesmos atendidos, considera-se, para todos os efeitos, satisfeitas as exigências do usuário. Os requisitos e critérios específicos serão descritos nas demais partes (2 a 6) que interagem e complementam a parte 1.

Na parte 6 são definidos os requisitos e diretrizes para avaliação de desempenho dos SPHS. Estão compreendidos em seu escopo o SPAF e SPAQ.

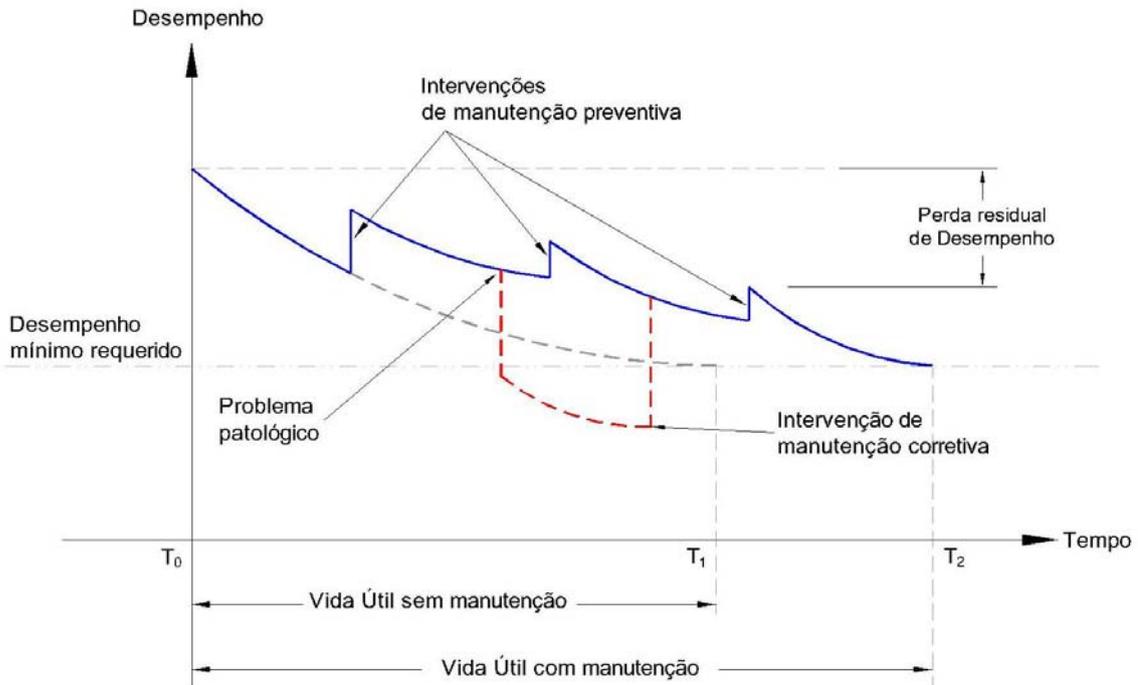
As normas de desempenho traduzem as exigências do usuário em requisitos e critérios. Não substituem as normas existentes, mas as complementam. Segundo a ABNT, podem ser aplicadas a edifícios habitacionais ou sistemas com mais de cinco pavimentos, excetuado-se os casos em que dependem diretamente da altura do edifício habitacional.

## 2.5 Desempenho

O desempenho dos sistemas que compõem o edifício habitacional durante a sua vida útil está atrelado às condições de uso para qual o mesmo foi projetado, à execução da obra de acordo com as normas técnicas, à utilização de elementos e componentes sem defeito de fabricação e à programas e técnicas de inspeções periódicas e de manutenção predial.

Considerando-se que a vida útil é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e do uso ao qual o sistema está submetido, os componentes podem apresentar vida útil maior do que as estabelecidas, desde que sejam feitas as manutenções periódicas preventivas.

Na Figura 2.22 pode-se observar a deterioração normal do edifício e a elevação do desempenho mediante intervenções de manutenção.



Onde:

$T_0$  – Tempo de início da operação do sistema

$T_1$  – Tempo total de Vida Útil sem manutenção

$T_2$  – Tempo total de Vida Útil com manutenção

**Figura 2.22** – Desempenho ao longo do tempo

Fonte: Adaptação da NBR 15575-1 (ABNT, 2008)

A ocorrência de problemas patológicos também poderá afetar o desempenho do sistema, fazendo com que fique abaixo do mínimo requerido. Neste caso, as intervenções de manutenção corretiva serão necessárias para que o sistema volte a atuar com desempenho acima do mínimo requerido. Mesmo assim, é importante dar prosseguimento às inspeções periódicas e manutenções preventivas.

Pode-se também notar que, mesmo com as manutenções que ocorrem durante a vida útil do edifício, não se pode voltar ao nível de desempenho inicial.

Essa perda residual de desempenho funcional mostra que o edifício tem uma deterioração irreversível ao longo do tempo.

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe foram atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional.

A sustentabilidade do empreendimento é alcançada, em parte, pela gestão da manutenção, uma vez que esta tem a finalidade de viabilizar o uso máximo dos sistemas, com menor desperdício e custo, aliados à maior disponibilidade e confiabilidade das instalações.

A manutenção, atualmente, também tem o compromisso de racionalizar o uso dos recursos naturais e a preocupação com questões de impacto ambiental e urbano (GOMIDE, 2006).

Lichtenstein (1985) define desempenho como "Comportamento em utilização do edifício ou de uma de suas partes. Resulta do equilíbrio dinâmico entre as condições de exposição a que fica submetido e sua capacidade de reagir".

A utilização do conceito de desempenho foi ampliada e permitiu que os produtos (projetos, sistemas, componentes, etc.), bem como a análise do comportamento do

edifício e de suas partes pudessem ser descritos, avaliados e passassem por um exame minucioso e sistemático.

Segundo Amorim (1989), "pensar no desempenho das habitações é pensar em como esta habitação, ou suas partes, devem se comportar ao invés de se pensar em como as mesmas devem ser."

Algumas pesquisas têm mostrado que grande parcela dos edifícios não vem apresentando desempenho satisfatório. Esse fato não significa que a vida útil do edifício esteja terminada, mas que necessita de alguma intervenção ou manutenção para que volte a ter o desempenho em níveis satisfatórios. Desta forma, pelo fato de um edifício, durante a sua vida útil, ficar exposto a determinados agentes de degradação (atmosféricos, biológicos, sobrecargas, uso), torna-se de fundamental importância a avaliação de forma precisa, se o desempenho está atendendo às exigências do usuário.

A metodologia básica utilizada para a avaliação do desempenho é composta pelas seguintes etapas:

1. Identificação das exigências do usuário;
2. Identificação das condições de exposição a que está submetido o edifício;
3. Definição dos requisitos e critérios de desempenho a serem atendidos;
4. Definição dos métodos de avaliação.

### 2.5.1 Exigências do usuário

A norma ISO 6241 (ISO, 1984) define usuário como "uma pessoa, um animal ou um objeto para o qual o edifício é projetado", podendo não fazer uso permanente da edificação.

A NBR 14037 (ABNT, 1998) define usuário como "pessoa física ou jurídica, ocupante permanente ou não permanente da edificação".

A NBR 5626 (ABNT, 1998) define usuário como "pessoa física ou jurídica que efetivamente usa a instalação predial de água fria, ou que responde pelo uso que outros fazem dela, respondendo pelo correto uso da instalação e por sua manutenção, podendo delegar esta atividade a outra pessoa física ou jurídica".

A NBR 15575-1 (ABNT, 2008) define o usuário como "pessoa que ocupa o edifício habitacional".

Em função dos diferentes significados dados ao "usuário" da edificação, entende-se que a palavra "usuário" pode ser compreendida e considerada de uma forma mais ampla, ou seja, também poderá ser utilizada para designar outros indivíduos ou entidades relacionadas com a edificação. São os proprietários, os financiadores, os administradores do edifício, as concessionárias de serviços públicos e as vizinhanças que podem ser afetadas pelo mesmo.

Se considerarmos que no ciclo da qualidade da produção de edifício o processo se origina nas "necessidades dos usuários" e na "adequação ao uso" do produto, podemos afirmar que cada vez mais metodologias de avaliação se tornam um instrumento de fundamental importância no planejamento de novos empreendimentos, além é claro, da correção de desvios ocorridos em empreendimentos já em utilização (ALMEIDA, 1994).

Segundo a NBR15575-1 (ABNT, 2008), a habitação é definida na própria constituição federal como um dos direitos do cidadão, devendo atender a uma série de anseios materiais e psicológicos dos seus ocupantes. É imperioso, portanto, que a construção reúna as qualidades mínimas necessárias para que sejam atendidas as condições básicas de segurança, saúde, higiene e bem-estar das famílias.

Blachere<sup>4</sup>, citado por Lichtenstein (1985), propõe a classificação das exigências do usuário em:

- Exigências de habitabilidade
  - fisiológicas;
  - psicológicas;
  - sociológicas.
- Exigências de economia

Devem-se entender as exigências de economia não somente em termos de custos de execução, mas também em relação aos custos operacionais, de manutenção e de durabilidade.

A Norma ISO 6241 (ISO, 1984), visando estabelecer uma padronização internacional, organizou as exigências do usuário em 14 grupos básicos:

- 1- **Segurança estrutural:** estabilidade e resistência mecânicas;
- 2- **Segurança ao fogo:** limitações do risco de início e propagação de um incêndio, segurança dos usuários;
- 3- **Segurança à utilização:** segurança dos usuários em relação ao uso;
- 4- **Estanqueidade:** aos gases, aos líquidos e aos sólidos;
- 5- **Conforto higrotérmico:** temperatura e umidade do ar e das paredes;
- 6- **Atmosféricas:** pureza do ar e limitações de odores;

---

<sup>4</sup> BLACHÈRE, G. *Savoir Batir*. Paris, Eyrolles, 1969.

- 7- **Conforto visual**: Aclaramento, aspecto dos espaços e das paredes, vista para o exterior;
- 8- **Conforto acústico**: isolamento acústica e níveis de ruído;
- 9- **Conforto tátil**: eletricidade estática, rugosidade, umidade, temperatura da superfície;
- 10- **Conforto antropodinâmico**: acelerações, vibrações e esforços de manobras;
- 11- **Higiene**: cuidados corporais, abastecimento de água, eliminação de matérias usadas;
- 12- **Adaptação à utilização**: número, dimensões, geometria e relações de espaços e de equipamentos necessários;
- 13- **Durabilidade**: conservação do desempenho ao longo do tempo;
- 14- **Economia**: custo inicial e custos de manutenção e reposição durante o uso.

Com a intenção de aumentar a abrangência das exigências acima relacionadas, Amorim (1989) propõe a inclusão de mais uma exigência do usuário, que será considerada complementar à ISO 6241 (ISO, 1984):

- 15- **Conservação da natureza**: preservação dos recursos naturais.

Essas necessidades têm caráter geral. Uma vez identificadas cumpre caracterizar os requisitos de desempenho que traduzirão, de modo mais específico, estas necessidades.

Segundo Borges (2008), as normas ISO 6240 e 6241, de 1984, definiram os requisitos de desempenho a serem atendidos nas edificações em função das condições de exposição a que estão sujeitas, e que variam para cada caso. Apesar de tais normas terem sido publicadas há muitos anos, ainda são válidas como referência para a elaboração de normas de desempenho e foram utilizadas na preparação da recém-publicada Norma Brasileira de Desempenho.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2008) apresenta uma lista geral com 13 exigências do usuário, que nesta dissertação serão utilizadas como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios de desempenho do SPAQ.

As exigências do usuário relativas à segurança são expressas pelos seguintes fatores:

- 1- **Segurança estrutural;**
- 2- **Segurança contra incêndio;**
- 3- **Segurança no uso e na operação;**

As exigências do usuário relativas à habitabilidade são expressas pelos seguintes fatores:

- 4- **Estanqueidade;**
- 5- **Conforto térmico;**
- 6- **Conforto acústico;**
- 7- **Conforto lumínico;**
- 8- **Saúde, higiene e qualidade do ar;**
- 9- **Funcionalidade e acessibilidade;**
- 10- **Conforto tátil e antropodinâmico;**

As exigências do usuário relativas à sustentabilidade são expressas pelos seguintes fatores:

- 11- **Durabilidade;**
- 12- **Manutenabilidade;**
- 13- **Impacto ambiental.**

A seguir, será feito um comparativo entre as exigências do usuário dessas duas importantes referências.

### 2.5.2 Comparativo entre a ISO 6241 e a NBR 15575-1

Principal referência sobre o assunto até então, a norma técnica ISO 6241 (ISO, 1984) norteou a elaboração da NBR 15575-1 (ABNT, 2008) onde estão organizadas as exigências do usuário em 13 grupos básicos.

Nesta norma, algumas exigências ficaram mais abrangentes. A exigência de segurança em uso agora passa a ser considerada como exigência de segurança no uso e operação; a exigência de pureza do ar passa a ser considerada como exigências de saúde, higiene e qualidade do ar; a exigência de adequabilidade de espaços para usos específicos passa a ser considerada como exigência de funcionalidade e acessibilidade.

Unifica as exigências de conforto tátil e exigência de conforto antropodinâmico em exigência de conforto tátil e antropodinâmico. As exigências de conservação da natureza, proposta por Amorim (1989), e a exigência de economia foram unificadas como exigências de impacto ambiental. O Quadro 2.1 apresenta um comparativo entre as duas referências.

**Quadro 2.1** - Comparativo entre as exigências do usuário

ISO 6241	NBR 15575-1
1 - Estabilidade	1 – Segurança estrutural
2 – Segurança ao fogo	2 – Segurança contra incêndio
3 – Segurança em uso	3 – Segurança no uso e na operação
4 – Estanqueidade	4 - Estanqueidade
5 – Conforto higrotérmico	5 – Desempenho térmico
6 – Pureza do ar	8 - Saúde, higiene, e qualidade do ar
7 – Conforto acústico	7 – Desempenho acústico
8 – Conforto visual	6 – Desempenho lumínico
9 – Conforto tátil	10 - Conforto tátil e antropodinâmico
10 – Conforto antropodinâmico	10 - Conforto tátil e antropodinâmico
11 – Higiene	8 - Saúde, higiene, e qualidade do ar
12 – Adequabilidade de espaços para usos específicos	9 – Funcionalidade e acessibilidade
13 – Durabilidade	11 – Durabilidade e manutenibilidade
14 – Economia	---
15 – Conservação da natureza <sup>5</sup>	12 – Adequação ambiental (sustentabilidade e economia) <sup>6</sup>

<sup>5</sup> Amorim (1989), propõe a inclusão de mais uma exigência.

<sup>6</sup> Nesta dissertação, para inclusão dos critérios de desempenho, conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2008), será proposta a inclusão das exigências de sustentabilidade e de economia de forma a complementar as exigências de adequação ambiental.

### 2.5.3 Requisitos de Desempenho

A NBR 15575-1 (ABNT, 2008) define requisitos de desempenho como: "condições que expressam qualitativamente os atributos que o edifício habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer às exigências do usuário".

As exigências do usuário variam em função do tipo de edifício (residencial ou comercial) e de características determinadas por fatores regionais, culturais, sócio-econômicos ou climáticos.

Segundo Amorim (1989), a correta identificação dos requisitos de desempenho, depende da definição do objeto de trabalho, ou seja, para que tipos de edificação esses requisitos deverão ser definidos. Exemplifica, citando usuários de um hospital, de uma escola, de um laboratório ou de uma habitação, que têm requisitos diferentes em relação aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Estabelece ainda que esses requisitos devam estar relacionados aos seguintes aspectos:

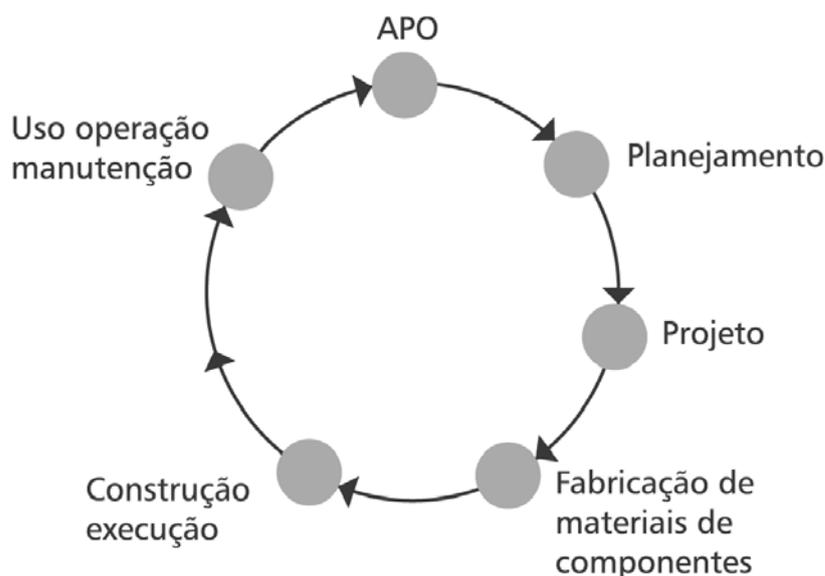
- Uso propriamente dito da edificação;
- Resistência que a mesma deverá oferecer aos desgastes que agem sobre ela;
- Desgastes que a mesma produzirá sobre o meio ambiente.

Segundo Borges (2008), os requisitos de desempenho são expressos em termos qualitativos; os critérios de desempenho, em termos quantitativos; e os métodos de avaliação para mensuração do desempenho variam de acordo com o momento e os objetivos das avaliações, que podem ser análises de projeto, inspeções em protótipo, medições "in loco", ensaios laboratoriais, etc.

### 2.5.4 Avaliação Pós-Ocupação (APO) e Avaliação Durante Operação (ADO)

A APO (Avaliação Pós-Ocupação), é definida por Preiser, Binowitz e White (1988)<sup>7</sup>, citado por Araújo (2004), como o processo de avaliação de edifícios de forma sistemática, após o edifício ter sido construído e ocupado (Figura 2.23).

Utilizada como ferramenta para a verificação do desempenho do ambiente construído, segundo a expectativa dos usuários, a APO vem auxiliando no aumento da qualidade dos edifícios através da retroalimentação do ciclo de produção dos mesmos.



**Figura 2.23** - Esquema da APO  
Fonte: Roméro (2003)

A APO diz respeito a uma série de métodos e técnicas que diagnosticam fatores positivos e negativos do ambiente no decorrer do uso, a partir da análise de fatores socioeconômicos, de infra-estrutura e superestrutura urbanas dos sistemas construtivos, conforto ambiental, conservação de energia, fatores estéticos, funcionais e comportamentais, levando em consideração o ponto de vista dos próprios avaliadores, projetistas e clientes, e também dos usuários (ROMÉRO, 2003).

<sup>7</sup> PREISER, W. F. E.; RABINOWITZ, H.; WHITE, E. **Post-occupancy evaluation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.

A avaliação específica do desempenho dos sistemas prediais em edificações existentes foi denominada, por Almeida (1994), de “Avaliação Durante Operação”, ou ADO.

O referido autor estabelece que o objetivo desta metodologia é propor uma forma organizada de conduzir trabalhos de inspeção ou manutenção dos sistemas prediais em operação, gerando elementos de retroalimentação dos processos de criação, implantação e utilização dos SPHS. Relaciona, também, os benefícios advindos da aplicação desta metodologia (Quadro 2.2).

**Quadro 2.2 - Benefícios esperados com a utilização da metodologia ADO**

Fonte: Almeida (1994)

<b>Prazos</b>	<b>Benefícios</b>
<b>Curto prazo</b>	- diagnosticar e propor recuperação dos problemas a serem levantados pro estudo de caso estudado; - diagnosticar e propor solução para problemas de utilização, manutenção e gerenciamento dos sistemas; - propor planos de desenvolvimento ou flexibilização dos sistemas em operação; - avaliar os resultados das intervenções propostas e retroalimentar o processo.
<b>Médio prazo</b>	- desenvolvimento da metodologia aplicada e conscientização de sua utilidade para recuperação de edifícios e no desenvolvimento de novos projetos; - elaboração de manuais técnicos com recomendações
<b>Longo prazo</b>	- criação de banco de dados para projetos futuros; - minimização de custos e desperdícios na execução e na apropriação de edifícios; - valorização das etapas de planejamento e projeto; - ampliação e divulgação dos conhecimentos técnicos na área de instalações prediais.

A aplicação da ADO está baseada na execução dos trabalhos em etapas que podem ou não ocorrer de forma simultânea, que são as seguintes:

- Levantamento Documental;
- Levantamento Cadastral;
- Levantamento das necessidades dos usuários dos SPHS;
- Análise e diagnóstico;
- Plano de recuperação;
- Avaliação de resultados e retroalimentação do processo.

## 2.6 Consumo de água em peças de utilização

No SPAQ, dentre as exigências do usuário, as de funcionalidade e as de adequação ambiental são as de mais fácil percepção, já que ambas estão relacionadas com o conforto durante o banho.

Para o usuário comum, o conforto normalmente está relacionado a um sistema com "muita pressão" na água, não avaliando quais são as implicações que isso pode acarretar.

O SPAQ, além de fornecer água quente com pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com cada ponto de utilização, deve operar fazendo o uso racional de água e de energia, proporcionando ao usuário um conforto compatível com seus recursos financeiros.

O uso racional de água no SPAQ, por meio do controle da vazão da água no ponto de utilização, permitirá reduzir a demanda na rede de abastecimento, o volume de esgoto conduzido para tratamento e a quantidade de energia consumida para aquecimento.

Cada tipo de sistema adotado (central coletivo, central privado ou individual) e tipo de fonte energética, determinam as características de funcionamento do SPAQ.

No caso do chuveiro elétrico, por exemplo, cuja vazão máxima pode chegar a 6,0 L/min, o controle é feito por meio do próprio registro de pressão e em casos onde as pressões são acima de 6 mca, alguns fabricantes recomendam a instalação de redutores, que já seguem com o produto.

Para os aquecedores a gás combustível, em sistemas com pressão superior a 10 mca, além do controle de vazão nos misturadores, devem também ser adotados dispositivos economizadores, tais como: arejadores de pressão constante, registros reguladores de vazão ou restritores de vazão (Figura 2.24).



**Figura 2.24** - Produtos Economizadores (arejadores, restritores e registro regulador de vazão)

Fontes: <http://www.deca.com.br/> e <http://www.docol.com.br/interna.cfm?var=produtos&title=DocolMatic&pi=grupos&id=11&barra=yes>

No SPAQ de edifícios residenciais, as peças de utilização que requerem maior atenção são as duchas.

A necessidade de controle de vazão é ainda mais importante quando no sistema de aquecimento são usados apenas aquecedores de passagem.

Para esses equipamentos, as vazões nominais especificadas em catálogos técnicos, se referem às vazões máximas, considerando um acréscimo de 20°C na temperatura da água. Portanto, acréscimos de temperatura acima do especificado, serão possíveis apenas com a redução de vazão no aquecedor. Além disso, é necessário observar que a vazão nominal fornecida pelos fabricantes refere-se à vazão de água “misturada” e não a de água quente.

Alguns fabricantes de aquecedores a gás recomendam que as duchas tenham vazão máxima de 8,0 L/min. É importante então que, além dos procedimentos normais como: dimensionamento das tubulações, identificação e localização das peças de utilização, seja também avaliada a possibilidade de uso simultâneo e, principalmente da vazão de água quente a ser disponibilizada em cada ponto de utilização.

Em edifícios de andares múltiplos, dentro do limite de pressão máxima de 40 mca estabelecido na NBR 7198 (ABNT, 1993), a vazão de uma ducha poderá atingir vazões superiores a 75 L/min. Considerando um tempo médio de duração de banho de 15 minutos, o

volume total gasto será de 1.125 L para um único banho, inviabilizando assim, o uso de qualquer aquecedor privativo.

O Quadro 2.3 apresenta as vazões em peças de utilização, baseada em duas referências normativas: a NBR 5626 (ABNT, 1998) e a NBR 15575-6 (ABNT, 2008), que devem ser adotadas para o dimensionamento do SPAQ.

**Quadro 2.3 – Vazão nas peças de utilização**

<b>Peça de utilização</b>	<b>NBR 5626 (ABNT, 1998)</b> L/s (L/min.)	<b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> L/s (L/min.)
Chuveiros ou duchas (dotadas de aquecimento central ou de passagem)	0,10(6,0) / 0,20(12,0)	0,10(6,0) / 0,25(15,0)
Bidê (misturador)	0,10(6,0)	---
Banheira (misturador)	0,30(18,0)	---
Misturador para lavatório	0,15(9,0)	0,05(3,0) a 0,12(7,2)
Misturador para pia de cozinha	0,25(15,0)	0,05(3,0) a 0,12(7,2)
Aparelho economizador (torneira automática)	---	0,04(2,4) a 0,12(7,2)

Observa-se que a peça de utilização que requer maior vazão é a banheira.

De modo geral, ocorrem mais em edificações de alto padrão, sendo esta, uma situação de dimensionamento que deve ser tratada de forma mais específica para cada caso.

Para os aquecedores privativos, outro fator com grande influência sobre a vazão é o diâmetro das ligações flexíveis entre a rede e o aquecedor (Figura 2.25).

Essas ligações flexíveis deverão ser resistentes às temperaturas e pressões de serviço do SPAQ.

Para ligação com o aquecedor, somente deverão ser utilizados flexíveis de alta vazão, conhecidos como flexíveis de "passagem plena".



**Figura 2.25** – Ligações flexíveis para aquecedor

No Quadro 2.4 são apresentadas as características dimensionais referentes aos flexíveis a serem usados no SPAQ.

**Quadro 2.4** – Características dimensionais de ligações flexíveis

Fonte: Guia de produtos WOG

<b>Tipo de aplicação</b>	<b>Uso geral</b>	<b>p/ Aquecedor</b>	<b>p/ Aquecedor</b>
Bitola	1/2"	1/2"	3/4"
Ø interno (mm)	6,0	11	15
Área (mm <sup>2</sup> )	28,27	95,03	176,71
Comprimento (cm)	30/40/60/100	40/60/100	40

O uso de flexíveis de uso geral em ligações de aquecedor, poderá diminuir a área de passagem da água em torno de 70%, comprometendo significativamente o desempenho do sistema.

## 2.7 Temperatura da água

Em edificações de uso residencial, o SPAQ deve permitir o fornecimento de água com diferentes temperaturas nos diversos pontos de consumo.

Além disso, e pelo fato de existirem perdas térmicas no percurso, a água deve ser aquecida a temperaturas acima do limite de uso a que se destina, devendo, depois ser resfriada até a temperatura desejada, pela utilização de aparelho misturador de água quente e fria, no local da utilização.

No SPAQ os limites de temperatura em que a água deve ser aquecida e posteriormente distribuída ainda geram divergências no meio técnico.

Macintyre (1982), estabelece que a água para lavanderia deve ser fornecida entre 75°C e 80°C, para cozinhas entre 55°C e 75°C e para higiene pessoal entre 40°C e 50°C.

Já a NBR 7198 (ABNT, 1993) estabelece diretrizes para o SPAQ para uso humano, com temperatura máxima de 70°C, sem fazer discriminação para qual tipo de uso.

Recentemente, a NBR 15575-6 (ABNT, 2008) estabeleceu que os equipamentos para aquecimento de água devam proporcionar incremento de temperatura da água de forma que não sejam superados os valores indicados no Quadro 2.5.

**Quadro 2.5** – Temperatura máxima da água na saída do equipamento de aquecimento

<b>Aparelho</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b> (aparelho sem protetor térmico <sup>8</sup> )
Chuveiro	Até 7,8	50
Torneira	Até 9,0	50
Aquecedor de passagem	Até 5,5	55
	Superior a 5,5 até 9,0	70

<sup>8</sup> Protetor térmico: dispositivo que limita a temperatura da água aquecida, durante o funcionamento anormal do aparelho de aquecimento instantâneo de água, sem poder ser ajustado ou alterado pelo usuário.

Segundo Hartmann (2008), na Alemanha já existem estudos que visam, a partir do controle da temperatura da água quente, minimizar o aparecimento de organismos patogênicos que se proliferam intensamente em água parada ou quente com temperatura entre 20°C a 45°C. O mesmo autor recomenda que, para que o sistema garanta a operação livre de microorganismos, seja mantida uma temperatura de circulação de 60°C, ocorrendo a desinfecção térmica automática mas, ao mesmo tempo, recomenda ponderação aos riscos associados à altas temperatura, tais como: sedimentação de cal no sistema, juntamente com a dureza da água em volume significativo; risco de corrosão em temperaturas ascendentes caso haja materiais férricos galvanizados; e acima de tudo o risco de queimaduras.

A água com temperatura a cerca de 60°C causa, após poucos segundos, queimadura de primeiro grau; o mesmo ocorre após mais ou menos 5 minutos a 50°C. São vulneráveis, neste caso, especialmente idosos e crianças.

Petrucci (1998) ressalta como fator determinante para a avaliação da capacidade de atendimento de um sistema de abastecimento de água quente, o conhecimento do comportamento do usuário. Segundo o pesquisador, o usuário aciona o sistema de água quente sempre no momento e na intensidade que corresponda a sua necessidade, conforme sua idade, hábitos pessoais, estilo e estado de vida, estação do ano e uma série de outras variáveis. Para o usuário, a sensação de conforto quanto à temperatura e vazão é variável.

Kamata e Ishikawa<sup>9</sup>, citado por Petrucci (1998), pesquisaram as questões ligadas ao conforto de usuários de duchas e, como principais conclusões, verificaram que os homens preferem temperatura ligeiramente menor do que as mulheres; pessoas de meia idade e idosos tendem a preferir uma temperatura mais alta que os jovens.

---

<sup>9</sup> KAMATA, M. ; ICHIKAWA, N. Present status of hot water supply systems in Japan and their optimum design targets. In: Water Supply and Drainage for Buildings **Proceedings from the CIB W62 Seminar**. Gävle, Sweden. 1987. p.103-118.

Na análise sobre a temperatura de serviço que um sistema de aquecimento deve fornecer deverá também ser considerada a sustentabilidade desse sistema, ou seja, itens como vazão e quantidade de energia consumida para elevar a temperatura da água deverão ser considerados.

Com exceção do sistema solar, nos demais sistemas de aquecimento quer seja elétrico ou a gás combustível (GLP e GN), é possível fazer o controle de temperatura da água, para uso geral ou na recirculação.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, será considerada como temperatura máxima admissível no sistema de 70°C, conforme preceitua a NBR 7198 (ABNT, 1993).

### **3 MÉTODO DA PESQUISA**

#### **3.1 Pesquisa bibliográfica**

Na etapa de pesquisa bibliográfica, fez-se a identificação de referências com abordagem sobre o desempenho nos SPHS, patologia das construções e sobre parâmetros relacionados ao SPAQ em edifícios.

A seguir, foram identificadas as normas técnicas prescritivas, relacionadas com SPAF, SPAQ e sistemas prediais de gás combustível (SPGC).

Complementaram-se o estudo por meio de busca pela internet, catálogos técnicos de fabricantes, pesquisando-se sítios específicos de publicações acadêmicas e científicas da área, selecionando uma coletânea de normas técnicas para análise do desempenho de edifícios habitacionais.

O levantamento bibliográfico realizado nesta etapa permitiu a delimitação da pesquisa a ser feita e dos procedimentos a serem seguidos para o desenvolvimento dos trabalhos.

### 3.2 Delineamento da pesquisa

O método de pesquisa seguiu as seguintes etapas:

1. **Levantamento, identificação e classificação dos requisitos e critérios de desempenho do SPAQ** baseados nas normas técnicas e nas normas de desempenho. A partir dessa classificação foram elaborados formulários para serem utilizados no levantamento de dados, onde, por meio de uma legenda de cores, foram definidos e identificados os agentes ou os locais a serem consultados. O formulário completo encontra-se no Apêndice 1.

FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE										
LEGENDA PARA IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE/LOCAL A SER CONSULTADO:										
	VISTORIA / LEVANTAMENTO NO LOCAL									
	MORADOR / USUÁRIO (VER QUESTIONÁRIO ESPECÍFICO)									
	OBSERVAÇÃO / LEVANTAMENTO EM PROJETO									
	ENCARREGADO / TÉCNICO EM MANUTENÇÃO									
	GERENTE DO CONDOMÍNIO / ZELADOR									
	FABRICANTE / FORNECEDOR / CATÁLOGO									
	NÃO POSSÍVEL DE SER AFERIDO APÓS TÉRMINO DA EXECUÇÃO / ENTREGA DO PRÉDIO									
	REQUISITO EM QUE A VERIFICAÇÃO É FEITA SOMENTE ATRAVÉS DOS CRITÉRIOS									
EDIFÍCIO:										
EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS				CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
							SIM	NÃO	SIM	NÃO
SEGURANÇA ESTRUTURAL	AÇÕES MECÂNICAS DURANTE O USO	As tubulações devem manter sua integridade quando submetidas a ações estáticas, dinâmicas, individuais e combinadas.				Verificar em projeto, nos pontos de transição entre elementos (parede x piso, parede x pilar, e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transmissão de esforços para a tubulação.				
		As tubulações embutidas não devem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo.				Verificar com o encarregado/executor, a forma de execução para atendimento dos requisitos.				
		O espaçamento entre suportes, ancoragens ou apoios deve ser adequado, de modo a garantir níveis de deformação compatíveis com os materiais empregados.				Os fixadores ou suportes das tubulações suspensas, aparentes ou não, assim como as próprias tubulações, devem resistir, sem entrar em colapso, a cinco vezes o peso próprio cheias d'água, quando estiverem fixas no teto ou em outros elementos estruturais, bem como não apresentar deformações que excedam 0,5 % do vão.				
		As tubulações e acessórios não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas às pressões de serviço.								
		As tubulações aparentes deverão resistir à impactos ou ações acidentais, sem sofrerem a perda de funcionalidade ou ruína.								
	COCES E VIBRAÇÕES	As tubulações devem ser fixadas adequadamente para não transmitirem vibrações.				Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.				
						Sobrepessão máxima devido a transientes hidráulicos, não deve ser superior a 200 kPa.				
	RUPTURAS E DEFORMAÇÕES PERMANENTES	As tubulações e acessórios nos SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.				Velocidade da água no sub-sistema de recalque deve ser inferior a 10m/s.				
		Os pontos de fixação deverão estar espaçados adequadamente para que as tubulações não sofram deformações permanentes devido ao uso.								
						Seguir os critérios de distribuição dos dispositivos de fixação (luva guia e luva ponto fixo) e dispositivos para absorção de dilatação, específicos para cada material.				

Figura 3.1 – Exemplo de modelo de formulário para avaliação do SPAQ

2. **Levantamento documental** para a obtenção de todas as informações possíveis relativas a empreendimento, desde a sua concepção até a aplicação na pesquisa. Para cada edifício foi analisado o projeto executivo dos SPHS, o manual do proprietário e os laudos de análise de água. Obteve-se também, os dados de consumo dos insumos energéticos e de água do período de janeiro a junho de 2009.
3. **Pesquisa em campo** para a obtenção de dados auxiliares na análise e diagnóstico do SPAQ frente à sua utilização atual. Nesta etapa foram realizadas entrevistas com o Encarregado de assistência técnica, com o Encarregado das instalações hidráulicas da construtora e com os zeladores de cada edifício. Foram visitados alguns apartamentos para aferição e medição de requisitos e critérios de desempenho.
4. **Verificação da satisfação do usuário do SPAQ:** a partir dos formulários com os requisitos e critérios de desempenho dos SPAQ, foi elaborado um questionário contendo 21 perguntas específicas, a serem respondidas pelos moradores. O questionário, além de questões gerais, também possui questões qualitativas sobre o SPAQ, pretende avaliar o cumprimento de quais exigências estão sendo atendidas. Foi distribuído 1 questionário por apartamento pelo zelador de cada edifício, que fez a explicação dos motivos da pesquisa. A adesão à pesquisa foi feita de forma voluntária, e o modelo do questionário encontra-se no Apêndice 2.
5. **Análise e diagnóstico** a partir de todas as informações obtidas nas etapas anteriores.
6. **Avaliação de resultados.**

### 3.3 Instrumentos de medição

Na etapa de levantamento de dados foi necessária a utilização dos seguintes acessórios: trena de 5 m com escala em milímetros, paquímetro, termômetro de infravermelho e câmera fotográfica digital.

Foi utilizado termômetro de infra-vermelho digital modelo TI-860 – Instrutherm (Figura 3.2), que possibilitou efetuar medições sem contato com superfícies. De operação simples, a leitura é feita após o acionamento do sinal de infra-vermelho na superfície que se deseja medir a temperatura. A superfície do objeto deverá ser limpa antes de efetuar a medição, caso esteja coberta de poeira ou outros materiais. Em superfícies reflexivas deverá ser aplicada máscara em fita especial ou camada de tinta preta para se obter a precisão da leitura. Foram realizadas pelo menos três medições para cada leitura. A resolução é de 1°C e a escala de medição varia de -30°C até 270°C, com precisão de  $\pm 2,5\%$  da leitura.



**Figura 3.2** – Termômetro infravermelho digital

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Requisitos e critérios de desempenho para o SPAQ**

Neste item, organizados em quadros, específicos para cada exigência do usuário, são apresentados os principais requisitos e critérios de desempenho a serem atendidos pelo SPAQ, identificados para o presente trabalho.

As exigências do usuário foram selecionadas entre as apresentadas na NBR 15575-1 (ABNT, 2008) (discutida anteriormente no item 2.5.1), com conteúdo que tivessem aplicabilidade para o SPAQ.

As definições para as exigências do usuário foram adaptadas de Amorim (1989). Os requisitos e critérios de desempenho foram selecionados e adaptados de normas técnicas da ABNT, de critérios de projetos de experiência própria do autor e de Amorim (1989).

Como pode ser observado, não existem critérios específicos para cada requisito, ou seja, os questionários para pesquisa de campo foram elaborados de forma a dividir o levantamento em qualitativo e quantitativo.

Os questionários de caráter qualitativo foram aplicados para os vários agentes intervenientes ou usuários do SPAQ, e os questionários de caráter quantitativo foram preenchidos com a averiguação do respectivo requisito.

Para o desenvolvimento desta dissertação, será considerado como problema patológico todo requisito ou critério que não se encontra em conformidade com quaisquer itens relacionados a seguir.

### 4.1.1 Segurança Estrutural

Exigência referente à necessidade do usuário de que os componentes do SPAQ não atinjam um estado limite de ruptura, deformação excessiva ou perda de estabilidade ocasionada pelo uso normal das mesmas, por impactos acidentais ou não, por fadiga, etc. bem como os mesmos não provoquem o mesmo estado em outros subsistemas da edificação.

**Quadro 4.1 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Segurança Estrutural**

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Segurança Estrutural</b>	<p>a) Relativos às solicitações mecânicas durante o uso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações devem manter sua integridade quando submetidas a ações estáticas, dinâmicas, individuais e combinadas.</li> <li>• As tubulações embutidas não devem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo.</li> <li>• O espaçamento entre suportes, ancoragens ou apoios deve ser adequado, de modo a garantir níveis de deformação compatíveis com os materiais empregados.</li> <li>• As tubulações e acessórios não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas às pressões de serviço.</li> <li>• As tubulações aparentes deverão resistir à impactos ou ações acidentais, sem sofrerem a perda de funcionalidade ou ruína.</li> </ul> <p>b) Relativo à não provocar golpes e vibrações que impliquem em risco de estabilidade estrutural (solicitações dinâmicas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações devem ser fixadas adequadamente para não transmitirem vibrações.</li> </ul> <p>c) Relativos a não provocar rupturas ou deformações permanentes devido à diferença de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações e acessórios no SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.</li> <li>• Os pontos de fixação e os pontos deslizantes das tubulações suspensas aparentes devem ter espaçamento adequado para a instalação de dispositivos de absorção de dilatação (lira/junta de expansão).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar em projeto, nos pontos de transição entre elementos (parede x piso, parede x pilar, e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transmissão de esforços para a tubulação.</li> <li>• Os fixadores ou suportes das tubulações suspensas, aparentes ou não, assim como as próprias tubulações, devem resistir, sem entrar em colapso, a cinco vezes o peso próprio cheias d'água, quando estiverem fixas no teto ou em outros elementos estruturais, bem como não apresentar deformações que excedam 0,5 % do vão.</li> <li>• Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização no SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.</li> <li>• Sobrepressão máxima devido a transientes hidráulicos, não deve ser superior a 200 kPa.</li> <li>• Velocidade da água no subsistema de recalque deve ser inferior a 10m/s.</li> <li>• Para todos os materiais, verificar os limites de deformação, em função da temperatura de serviço.</li> <li>• Para materiais termoplásticos, verificar as respectivas curvas de regressão.</li> <li>• Seguir os critérios de distribuição dos dispositivos de fixação (luva guia e luva ponto fixo) e dispositivos para absorção de dilatação, específicos para cada material.</li> </ul>

#### 4.1.2 Segurança no Uso e Operação

Exigência relativa à necessidade do usuário de que os componentes do SPAQ não provoquem queimaduras, intoxicação, choques elétricos ou ferimentos durante o uso.

**Quadro 4.2 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Segurança no Uso e Operação**

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Segurança no Uso e Operação</b>	<p>a) Relativos a não apresentar riscos de explosão, queimaduras, choques elétricos ou intoxicação quando em operação e uso normal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os componentes do SPAQ não devem provocar choques elétricos.</li> <li>• As tubulações, equipamentos e acessórios não deverão transmitir calor irritante ou queima no usuário.</li> <li>• Os aquecedores devem ser dotados de dispositivo automático que controle a máxima temperatura admissível da água com dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia em caso de superaquecimento.</li> <li>• Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.</li> <li>• O suprimento de água fria e quente deverão ser integrados, de forma a não ocorrer a diminuição de água fria e queimar o usuário.</li> <li>• A tubulação de gás combustível deverá ser projetada e executada visando a proteção da tubulação e ocorrências de vazamento.</li> <li>• Os ambientes em que se localizam aquecedores que utilizam gás combustível devem ser adequados para receber o equipamento.</li> <li>• Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera.</li> </ul> <p>b) Relativo à prevenção de ferimentos ou lesões:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As peças de utilização e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações, aquecedores elétricos e acessórios devem ser direta ou indiretamente aterrados, com corrente de fuga limitada em 15mA.</li> <li>• A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.</li> <li>• Na saída da água quente do aquecedor deve ser instalada uma válvula de segurança de temperatura.</li> <li>• A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida para uso humano passar de 40°C no ponto de utilização.</li> <li>• O sistema predial de gás combustível, que abastece os equipamentos para aquecimento de água, deve seguir os critérios especificados na NBR 15526 (ABNT, 2007).</li> <li>• A adequação do ambiente/local em que se encontra o aquecedor deve estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007).</li> <li>• As chaminés de exaustão dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007).</li> </ul>

### 4.1.3 Estanqueidade

Exigências relativas à necessidade do usuário de que o SPAQ tenham estanqueidade quando sujeitos às pressões previstas no projeto.

**Quadro 4.3** - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Estanqueidade

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Estanqueidade</b>	Relativos à estanqueidade do SPAQ quando sujeitos às pressões de serviço, previstas em projeto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações, equipamentos e peças de utilização não devem apresentar vazamentos quando submetidos à pressão estática máxima ou transientes hidráulicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização no SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.</li> <li>• Sobrepressão máxima admitida devido a transientes hidráulicos não deve ser superior a 200 kPa.</li> <li>• A verificação da estanqueidade deverá ser feita com água quente a 80°C, com pressão hidrostática interna de 1,5 vezes o valor da máxima pressão estática de serviço.</li> <li>• Em nenhum caso devem apresentar vazamento quando submetidas a pressões inferiores a 100 kPa.</li> </ul>

#### 4.1.4 Desempenho Acústico

Exigência relativa à necessidade do usuário de que os componentes do SPAQ não produzam ruídos com nível sonoro inaceitável ao ambiente em que estejam inseridos.

**Quadro 4.4** - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Desempenho Acústico

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Desempenho Acústico</b>	Relativos a não provocar ruídos desagradáveis: <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações, equipamentos e demais componentes sujeitos aos esforços dinâmicos devem ser projetados para que não propaguem vibrações aos elementos das edificações.</li> <li>• Nos locais onde o nível de ruído possa perturbar o repouso ou o desenvolvimento das atividades normais, a velocidade da água deve ser limitada a valores compatíveis com o isolamento acústico.</li> <li>• Componentes que produzam altos níveis de ruído (bombas, aquecedores centrais, etc.) deverão se situar em ambientes adequadamente protegidos contra a transmissão do som.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A velocidade de escoamento da água nas tubulações dos sistemas prediais de água fria e água quente, não deve ser superior a 3,0m/s.</li> </ul>

#### 4.1.5 Durabilidade e Manutenibilidade

Exigência relativa à necessidade do usuário de que os componentes do SPAQ mantenham a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, desde que submetidas às intervenções periódicas de manutenção e conservação.

**Quadro 4.5 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Durabilidade e Manutenibilidade**

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Durabilidade e Manutenibilidade</b>	<p>a) Relativos à manutenção da capacidade funcional do SPAQ durante a vida útil de projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os componentes utilizados no SPAQ devem resistir às características físico-químicas da água (PH, dureza, etc.).</li> <li>• As tubulações deverão ser devidamente protegidas contra a ação de ambientes agressivos e contra a ação do tempo.</li> <li>• Os tubos e conexões de materiais sintéticos devem ser protegidos contra a ação da radiação solar.</li> </ul> <p>b) Relativos às intervenções periódicas de manutenção e conservação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As tubulações e os componentes do SPAQ devem ter fácil acesso para inspeção e manutenção.</li> <li>• Os aquecedores de água devem estar instalados em locais com facilidade de inspeção e manutenção periódica.</li> <li>• Os elementos de dilatação (liras ou juntas de expansão) devem ser instalados em locais de fácil acesso (shafts visitáveis/forros com inspeção), livres e desobstruídos.</li> <li>• Qualquer suporte de fixação das tubulações deve estar em bom estado.</li> <li>• Verificação periódica das condições de funcionamento do aquecedor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As características físico-químicas da água deverão estar em acordo com a Portaria 518/2008, do Ministério da Saúde. (No sistema de distribuição manter o pH da água na faixa de 6,0 a 9,5). Para o cobre, o pH deve estar em torno e/ou acima de 7,5.</li> <li>• Os elementos, componentes e instalações do SPAQ devem apresentar durabilidade compatível com a vida útil de projeto (<math>VUP \geq 20</math> anos).</li> <li>• Fornecer ao usuário manual contendo as informações referentes ao uso, operação, inspeção e manutenção periódica do SPAQ, em conformidade com a NBR 5626 (ABNT, 2008) e NBR 14037(ABNT, 1998).</li> <li>• Recomenda-se inspeção, dos espaços para tubulações em intervalos não superiores a seis meses.</li> <li>• A instalação deve ser, em princípio, inspecionada pelo menos uma vez ao ano.</li> <li>• Verificação "in-loco" da qualidade dos suportes.</li> <li>• Verificação periódica do pré-filtro do aquecedor de passagem, para o surgimento de resíduos sólidos.</li> <li>• Verificação periódica do estado da chama do aquecedor. A chama deverá estar sempre azul.</li> <li>• Verificação da condição e da carga de pilhas ou baterias.</li> </ul>

#### 4.1.6 Saúde, Higiene e Qualidade do Ar

Exigência relativa à necessidade do usuário de que os componentes do SPAQ preservem a saúde do usuário, evitem a contaminação da água a partir dos componentes das instalações e preservem a qualidade do ar nos locais onde aquecedores a gás estão instalados.

**Quadro 4.6 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Saúde, Higiene e Qualidade do Ar**

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	<p>a) Relativos à não contaminação e preservação da potabilidade da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os componentes do sistema devem preservar a potabilidade da água.</li> <li>• Nenhuma tubulação deve ser enterrada em solos contaminados nem passar dentro de componentes dos SPES (p.ex. caixas de inspeção).</li> <li>• O SPAF que abastece o SPAQ deverá ser separado fisicamente de qualquer outro sistema que conduza água não potável.</li> <li>• Não deverá haver refluxo de água já utilizada para dentro do sistema.</li> <li>• Todo componente aparente do sistema deve ser fabricado de material lavável e impermeável de forma a evitar impregnação de sujeira, desenvolvimento de bactérias ou atividades biológicas em sua superfície.</li> </ul> <p>b) Relativos à não contaminação do ambiente pelo gás gerado na queima do combustível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve ser evitado que gases gerados pelos aquecedores permaneçam nos ambientes da edificação.</li> <li>• Deve ser assegurada a ventilação permanente dos ambientes onde os aquecedores estão instalados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os ambientes destinados à instalação dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007) .</li> </ul>

#### 4.1.7 Funcionalidade e Acessibilidade

Exigência relativa à necessidade do usuário de que os componentes garantam a capacidade funcional do SPAQ, com acesso adequado aos equipamentos, acessórios e componentes, e que sejam instalados em ambientes com dimensões compatíveis com o uso.

**Quadro 4.7 - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Funcionalidade e Acessibilidade**

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Funcionalidade e Acessibilidade</b>	<p>a) Relativos à temperatura de utilização da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água.</li> <li>• Os dispositivos de controle com misturador devem permitir o ajuste na temperatura da água, de forma a propiciar o nível de conforto adequado.</li> </ul> <p>b) Relativos à satisfação das necessidades na distribuição de água fria e quente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os SPHS devem fornecer água fria e água quente na pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização.</li> <li>• As tubulações do sistema devem ser de material resistente à temperatura máxima admissível.</li> <li>• As tubulações e acessórios no SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Em edifícios de diversos pavimentos com aquecimento central coletivo, a coluna de distribuição de água quente deve ser ventilada.</li> </ul> <p>c) Relativo aos espaços adequados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os aquecedores de água, acessórios e válvulas de controle de vazão devem estar instalados em locais com espaços que permitam fácil acesso, inspeção e manutenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.</li> <li>• Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar incremento da temperatura da água conforme estabelece a NBR 15575-6 (ABNT, 2008).</li> <li>• A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida no ponto de utilização, para uso humano ultrapassar 40°C.</li> <li>• O SPAF e SPAQ devem fornecer água de forma contínua em pressões balanceadas, compatível com o uso de misturador.</li> <li>• O ramal de alimentação do aquecedor não deve derivar de coluna de alimentação de válvulas de descarga.</li> <li>• Em condições dinâmicas, a pressão de água nos pontos de utilização não deve ser inferior a 10 kPa.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar com o morador o nível de conforto durante o banho.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve ser permitida tubulação única desde que não alimente válvulas de descarga, para alimentação de aquecedores e pontos de água fria, contanto que seja impossibilitado o retorno de água quente para a tubulação de água fria.</li> </ul> <p><u>Critérios para aquecedor de acumulação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O ramal de alimentação de água fria deve ser executado de modo a não permitir o esvaziamento do aquecedor, a não ser pelo dreno.</li> <li>• A saída da tubulação de água quente deve ser provida de respiro e, quando não viável, deve ser substituído por dispositivo de idêntico desempenho.</li> <li>• Quando o aquecedor não for protegido por respiro, não deverá ser instalada válvula de retenção no ramal de alimentação de água fria, quando for por gravidade.</li> </ul> <p><u>Critérios específicos para aquecedor central coletivo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A tubulação de alimentação de água fria e distribuição de água quente deverão ser de material resistente à 120°C.</li> <li>• Caso exista dispositivo de recirculação na linha de retorno, deverá ser instalado antes da válvula de retenção.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir as recomendações específicas de cada fabricante.</li> </ul>

#### 4.1.8 Conforto Tátil e Antropodinâmico

Exigência relativa à necessidade do usuário de que a superfície dos componentes não tenha rugosidade excessiva, não seja cortante, demasiadamente aquecida e que não proporcione manobra desconfortável, esforço excessivo e que seja segura na operação.

**Quadro 4.8** - Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Conforto Tátil e Antropodinâmico

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Conforto Tátil e Antropodinâmico</b>	<p>a) Relativos a prover manobras confortáveis e seguras na operação dos componentes do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque de acionamento de acordo com as normas de especificação de cada produto, além de serem isentos de rebarbas, asperezas, ou ressaltos que possam causar ferimentos.</li> <li>• As alturas dos equipamentos de aquecimento e dispositivos de controle devem ser adequadas ao uso.</li> </ul> <p>b) Relativo à temperatura da superfície do aquecedor e dos dispositivos de controle, serem compatíveis com uso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O aquecedor, os dispositivos de controle e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem ter temperatura irritante ou que provoque queimaduras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com o aquecedor operando com potência nominal, a temperatura na capa não pode exceder 60°C.</li> <li>• Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa e próxima a estes, não pode exceder 50°C.</li> </ul>

#### 4.1.9 Adequação Ambiental

Exigência relativa à necessidade do usuário de garantir a sustentabilidade no uso e operação do SPAQ.

**Quadro 4.9-** Requisitos e Critérios de desempenho para exigências de Adequação Ambiental

Exigências do Usuário	Requisitos	Critérios
<b>Adequação Ambiental</b>	<p>a) Relativos ao uso racional da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O sistema deverá ser projetado de modo a tornar mais eficiente o uso de água, reduzindo a demanda da rede pública.</li> <li>• Controle de vazão de água em sistemas com pressão hidráulica excessiva nos pontos de utilização.</li> </ul> <p>b) Relativos ao uso racional de energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O SPAQ deverá ser projetado de modo a racionalizar o uso de energia.</li> <li>• O sistema de aquecimento deve fornecer água a temperatura adequada ao uso e funcionamento, de forma a economizar energia.</li> <li>• Os tubos e conexões, quando necessário, devem ter isolamento térmico de forma a minimizar a perda térmica e economizar energia.</li> </ul> <p>c) Relativos ao custo operacional do sistema de aquecimento de água:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar conforto compatível com o consumo de energia e com a disponibilidade de recursos financeiros do usuário.</li> <li>• O isolamento térmico das tubulações deve ser eficiente, a fim de diminuir o consumo de energia na recirculação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomenda-se que as peças de utilização possuam vazão em conformidade com o prescrito em NBR 15575-6 (ABNT, 2008).</li> <li>• Para pressões superiores à 100 kPa, recomenda-se a instalação de arejadores para torneiras e restritores de vazão para duchas.</li> <li>• Equipamentos devem estar etiquetados com selo de eficiência energética (Conpet / Procel), conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO.</li> <li>• A temperatura da água deverá ser no máximo de 70°C.</li> </ul> <p><u>Critérios para utilização de isolamento térmico em tubulações no SPAQ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobre: isolamento térmico em qualquer situação de uso.</li> <li>• CPVC (policloreto de vinila clorado): recomenda-se o isolamento quando as distâncias entre o aquecedor e o ponto de consumo forem maiores que 20 m ao ar livre, ou em situações em que perda térmica possa ser mais significativa.</li> <li>• PPR (polipropileno copolímero random-tipo3): recomenda-se o isolamento em situações em que perda térmica possa ser mais significativa (grandes consumos de fluxo de água quente em trechos longos de tubulação).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Na adoção de sistemas de aquecimento com recirculação de água, deverá ser previsto o uso de dispositivos para controle da recirculação e controle do consumo de energia.</li> </ul>

## **4.2 Estudo de caso**

### **4.2.1 Histórico de problemas patológicos na construtora pesquisada**

A construtora pesquisada se obriga a prestar o serviço de assistência técnica, dentro dos prazos de garantia estabelecidos no Código de Defesa do Consumidor, reparando os defeitos verificados, sem ônus, na forma prevista no manual do proprietário. Possui um Departamento de Assistência Técnica que recebe todas as solicitações de serviços de manutenção. No manual são divulgados os dados para contato (endereço, correio eletrônico e telefone), exclusivos para o envio desse tipo de solicitação.

Após a solicitação formal, feita pelo morador, o encarregado da assistência técnica visita o local para verificar se o "defeito" ou "problema" se enquadram dentre aqueles integrantes de garantia. Em caso positivo é feito um procedimento de "abertura de chamado de manutenção" para programar a execução dos serviços e acompanhamento do andamento até seu término.

As solicitações para que sejam feitos os reparos necessários são encaminhadas ao setor envolvido (revestimento, alvenaria, impermeabilização, elétrica, hidráulica, etc.), para que sejam executados por profissionais especializados.

O fechamento e conclusão "do chamado" serão feitos após sua liberação final, em concordância com o respectivo morador.

Embora a construtora ainda não tivesse um banco de dados sistematizado e informatizado, foram elaborados relatórios de manutenção mensais com o controle de apuração dos pedidos de assistência técnica dos anos anteriores.

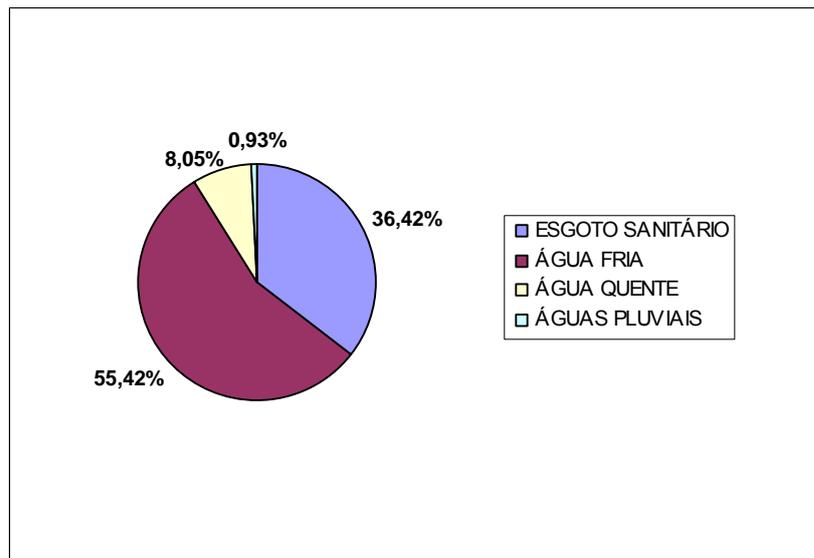
Estes relatórios, elaborados individualmente para cada edifício, contêm informações sobre os possíveis problemas identificados, eventuais soluções adotadas e o percentual de cada tipo de ocorrência.

As ocorrências estão classificadas em:

- Hidráulica (H)
- Argamassa (A)
- Revestimento (R)
- Pinturas (P)
- Caixilhos metálicos (C)
- Elétrica (E)
- Madeira (M)
- Gesso (G)
- Infiltração (I)
- Diversos (D)

Foram analisados os relatórios de manutenção, do período compreendido entre agosto de 2004 a outubro de 2006. No total, foram analisados dados referentes a 14 meses de assistência técnica.

A partir dos dados coletados, na Figura 4.1 poderá ser verificado o percentual de ocorrências de problemas patológicos em relação aos SPHS.



**Figura 4.1** – Incidência de patologias por sistema predial

Baseado nos relatórios, os principais problemas patológicos para o SPAQ encontrados no período foram:

- vazamento em conexão por falha na soldagem;
- vazamento em conexão rachada;
- vazamento em prumada;
- vazamento na válvula redutora de pressão de água quente (sistema central coletivo);
- vazamento em bomba de recalque de água quente, ocasionando interrupção do sistema;
- vazamento em lira de dilatação;
- falta de água quente devido a problemas na geradora de água quente (sistema central coletivo);
- falta de água quente devido a problemas na válvula redutora de pressão;
- falta de água quente em bidê devido à sujeira no arejador;
- barulho no registro da geradora de água quente;
- barulho devido a vibração em bomba de recalque de água quente.

Outros problemas patológicos foram identificados durante a etapa de investigação e levantamento de dados:

- falta de controle de temperatura em aquecedores de acumulação;
- falta de controle no sistema de recirculação de água quente em sistema central privado;
- consumo excessivo de gás combustível em aquecedor de acumulação;
- vazão de duchas, superior aos 8,0 L/min, estabelecida no manual do proprietário;
- retorno de gases de exaustão para o aquecedor.

Os principais dados estatísticos sobre os problemas patológicos ocorridos no SPAQ no período estão relacionados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** – Ocorrências mensais de problemas patológicos em 6 edifícios de construtora da cidade de Ribeirão Preto-SP, no período de agosto de 2004 a outubro de 2006

Mês (ref.)	Nº total de ocorrências	Nº de ocorrências em SPHS	% em relação ao nº total	Nº de ocorrências em SPAQ	% do nº de ocorrências em SPAQ	
					em relação ao total	em relação aos SPHS
01	41	15	36,59	0	0	0
02	72	36	50,00	3	4,17	8,33
03	88	41	46,59	6	6,82	14,63
04	131	51	38,93	3	2,29	5,88
05	34	16	47,06	1	2,94	6,25
06	68	25	36,76	4	5,88	16,00
07	87	25	28,73	1	1,15	4,00
08	38	17	44,74	1	2,63	5,88
09	52	24	46,15	0	0	0
10	41	15	36,59	3	7,32	21,43
11	64	16	25,00	0	0	0
12	12	6	50,00	0	0	0
13	22	13	59,09	1	4,55	7,69
14	37	23	62,16	3	8,11	13,04
	<b>787</b>	<b>323</b>	<b>41,04</b>	<b>26</b>	<b>3,30</b>	<b>8,05</b>

Para todos os meses analisados, os problemas patológicos que ocorrem nos SPHS, são os de maior incidência entre todos os tipos de ocorrência das edificações estudadas. Do total de ocorrências, 41,04% acontecem nos SPHS, com uma variação entre 25,00 e 62,16%, dependendo do mês.

No mesmo período, 8,05% do total de ocorrências nos SPHS, acontecem no SPAQ, com uma variação entre 0 e 21,43%, dependendo do mês. Em relação ao total geral de ocorrências, o SPAQ representa em média 3,30% de todos os problemas patológicos que ocorrem. Este valor é próximo aos 4,0% obtido por Reygaerts<sup>10</sup> citado por Amorim (1989).

Os percentuais de problemas patológicos no SPAQ são considerados baixos em relação ao total de ocorrências nos SPHS, mas, por se tratar de subsistema intimamente relacionado ao conforto, torna-se um dos itens que mais incômodo geram ao usuário quando apresenta algum tipo de falha ou deficiência, devendo, por isso, ser resolvido o mais breve possível.

A seguir, será feita a descrição de dois edifícios, não incluídos nos dados anteriores, que farão parte do estudo de caso, realizado na construtora.

---

<sup>10</sup> REYGAERTS, J.; GASPER, M.; DUTORDOIR, C. **1200 Problems: Erreurs de conception.** Défaits de construction. *Dégats. CSTC Revue*, Bruxelles, (3): 2-6, sep., 1976.

#### 4.2.2 Descrição dos edifícios pesquisados

A construtora responsável pelos edifícios a serem pesquisados está sediada na cidade de Ribeirão Preto, interior de São Paulo. Caracteriza-se pela qualidade no padrão de seus empreendimentos, com a execução de mais de 30 edifícios ou cerca de 1.300 unidades habitacionais entregues ao longo dos 23 anos, desde sua fundação. Iniciou a implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em 1997. Desde então é certificada e auditada anualmente para a manutenção e recertificação pela Norma NBR ISO 9007 (ABNT, 2000) e pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H, do qual possui o nível A, consolidando-se como uma das construtoras de maior ascensão do município.

No planejamento estratégico de cada empreendimento sempre é previsto, além do Projeto Arquitetônico e Estrutural, a contratação de todos os demais projetos complementares, possibilitando um padrão de detalhamento adequado. A troca de informações entre os vários profissionais é feita por correio eletrônico ou telefone e os desenhos de projetos são cadastrados em um sítio eletrônico de compartilhamento de arquivos de projetos.

A mão de obra responsável pela execução dos serviços, em quase todas as etapas da obra, é formada por equipes de funcionários. A execução dos SPHS feita por mão de obra terceirizada.

Antes do início de cada etapa de serviço dos SPHS, todos os funcionários terceirizados passam por treinamentos ministrados por profissionais da construtora e são realizados no próprio canteiro de obras. Estes treinamentos abordam requisitos de procedimentos técnicos de execução (utilização e aplicação de materiais e componentes, qualidade na entrega final dos serviços em função da interferência com outros subsistemas).

A supervisão e acompanhamento dos serviços, até a liberação final, são feitos pelo Encarregado das instalações hidráulicas, funcionário da construtora.

Para esta pesquisa foram selecionados dois edifícios residenciais, que ainda se enquadram nos critérios de cobertura de garantia e assistência técnica fornecidos pela Construtora. Ambos foram construídos na cidade de Ribeirão Preto-SP, e serão a partir daqui, denominados edifícios A e B.

O edifício A é composto de 02 subsolos, pavimento térreo, 23 andares tipo, duplex, ático e cobertura. Tem um total de 96 apartamentos, com 04 apartamentos por andar e área total construída de 23.757,9 m<sup>2</sup>. Para que a pressão da água no ponto de utilização se mantenha dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998), o subsistema de suprimento de água foi dividido em três sistemas de pressão: sistema alto (do duplex ao 15º andar), alimentado diretamente pelo reservatório superior, sistema intermediário (do 4º ao 14º andar) e sistema baixo (do pavimento térreo ao 3º andar), alimentados por redes independentes que passam por válvulas redutoras de pressão, localizadas no pavimento térreo.

O edifício B é composto por 1 subsolo, pavimento térreo, pavimento de lazer, 25 andares tipo, duplex, ático e cobertura. Tem um total de 52 apartamentos, com 02 apartamentos por andar e área total construída de 18.029,88 m<sup>2</sup>. Para que a pressão da água no ponto de utilização se mantenha dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998), o subsistema de suprimento de água foi dividido em três sistemas de pressão: sistema alto (do duplex ao 17º andar), alimentado diretamente pelo reservatório superior, sistema intermediário (do 7º ao 16º andar) e sistema baixo (do pavimento térreo ao 6º andar), alimentados por redes independentes que passam por válvulas redutoras de pressão, localizadas no pavimento térreo.

O edifício A, inaugurado em setembro de 2006, foi projetado para usar GLP como principal fonte energética do sistema de aquecimento de água. A partir de dezembro de 2007, o condomínio optou pela conversão para uso de GN.

O edifício B, inaugurado em outubro de 2007, foi projetado para usar o GLP como principal fonte energética.

Os dois edifícios possuem medição individualizada de água e gás.

A cidade de Ribeirão Preto-SP não tem uma Lei que regulamente a medição individualizada de água em edifícios. A concessionária de água e esgoto faz a leitura do consumo total do edifício e as leituras individualizadas são utilizadas pela administração dos condomínios apenas para o rateio do consumo de água em cada apartamento.

No edifício A a medição de gás é feita pela concessionária, que envia as contas diretamente aos moradores, e a medição de água é feita pela administração do condomínio, que faz a leitura em todos os hidrômetros instalados nos pavimentos.

No edifício B está instalado o sistema de medição remota que permite que as leituras sejam feitas em um terminal de computador instalado na guarita. Porém, segundo informações do gerente do condomínio, devido à falta de confiabilidade no sistema de leitura remota por problemas de aferição, a administração do condomínio ainda mantém para conferência, o procedimento de leitura dos hidrômetros e medidores de gás em todos os pavimentos.

No edifício A, o aquecimento de água é feito por um aquecedor de passagem, localizado na área de serviço, e o uso de água quente se restringe à alimentação das duchas nos banheiros sociais.

No edifício B, o aquecimento de água é feito por um sistema conjugado de aquecimento, composto de aquecedor de passagem a gás e reservatório térmico de 150 litros, e o uso de água quente é feitos apenas nas duchas e lavatórios dos banheiros sociais.

Nos dois edifícios não foi projetado fornecimento de água quente para cozinha.

Há a previsão, nesse local, de um ponto de tomada para permitir a instalação de aquecedor de passagem elétrico. Para os banheiros de serviço foi previsto apenas a instalação de chuveiro elétrico.

No Quadro 4.10 são apresentadas as características gerais de cada edifício estudado.

**Quadro 4.10** - Características gerais dos edifícios pesquisados

Identificação	Características gerais	Sistemas de Pressão	Sistema de aquecimento de água	Fonte energética	Início de funcionamento
<b>Edifício A</b>	02 subsolos / térreo 23 andares tipo/duplex 04 aptos/andar 96 apartamentos Área total = 23.757,90 m <sup>2</sup> Medição individualizada de água e gás	-Sistema alto -Sist. intermediário -Sistema baixo	Central privado  Aquecedor de passagem a gás	GN	Setembro/2006
<b>Edifício B</b>	01 subsolo / térreo 25 andares tipo/duplex 02 aptos/andar 52 apartamentos Área total = 18.029,88 m <sup>2</sup> Medição Individualizada de água e gás (leitura remota)	-Sistema alto -Sist. intermediário -Sistema baixo	Central privado  Sistema conjugado com recirculação	GLP	Outubro/2007

Os edifícios da construtora se caracterizam por adotar o gás combustível como principal fonte energética para o sistema de aquecimento de água. Há uma prática interna da construtora de uso de fonte energética alternativa à eletricidade, e preocupação com a sustentabilidade de seus empreendimentos.

### **4.2.3 Edifício A**

#### **Levantamento Documental**

A descrição das características do edifício A, desenhos e detalhes de projeto do SPAQ estão apresentados no Apêndice 3.

#### **Pesquisa em campo e discussão das não conformidades e patologias detectadas**

##### **a) Avaliação do SPAQ**

Nesta etapa realizou-se avaliação do SPAQ do Edifício A, por meio de entrevista com moradores e aplicação de formulários específicos.

Iniciou-se através de investigação detalhada do projeto executivo dos SPHS.

Em seguida, realizou-se visita técnica ao referido edifício onde foi feita a entrevista com o zelador e coletado dados em alguns apartamentos.

As entrevistas com o técnico de assistência técnica e com o encarregado dos SPHS foram realizadas no escritório da construtora e as dúvidas esclarecidas por telefone.

Os resultados do acompanhamento técnico em tratamento de água mostram que nos últimos 12 meses, o pH da água variou entre 7,02 e 7,08.

##### **b) Entrevistas com moradores**

Esses são os resultados da pesquisa qualitativa, realizada por meio de questionário (Apêndice 2), junto aos moradores do edifício A.

**Dados gerais da amostragem:**

- Número total de apartamentos: **96** unidades;
- Número de apartamentos ocupados: **85** unidades (Índice de ocupação: 89%);
- Número de questionários respondidos: **17** (Participação: 20%).

**Resumo das respostas de cada questão**

As questões de 1 a 4 visam a obtenção de informações sobre o grau de conhecimento dos usuários em relação ao sistema de aquecimento do apartamento.

**1** - 88% identificaram de forma correta o tipo do sistema de aquecimento.

**2** – 71% identificaram corretamente a marca/modelo do aquecedor.

**3** – 82% informaram a localização do aquecedor de forma correta.

**4** – 94% identificaram corretamente os pontos de utilização com água quente.

As questões 5 e 6 não foram aplicadas pois são específicas para aquecedores de acumulação.

As questões de 7 a 15 visam saber a opinião do próprio usuário quanto ao atendimento de alguns requisitos e critérios específicos.

**7** – 70% conseguem ajustar a temperatura da água, ao nível de conforto desejado.

**8** – 65% afirmam ocorrer variação de temperatura da água durante o banho.

**8.1** – Dos usuários que afirmam ocorrer variação da temperatura da água, 46% afirmam que esta ocorre quando abre ponto em outro ambiente e 45% afirmam que a variação ocorre sem motivo aparente ou não respondeu.

**9** – 88% não levaram choque, no uso de chuveiros elétricos.

**10** – 94% não se cortaram no contato com o aquecedor

**11** – 94% não se queimaram no contato com o aquecedor ou registro.

**12** – Todos os usuários afirmaram que o ruído do aquecedor não incomoda nas atividades normais.

**13** – 76% afirmam ter recebido o manual de orientação para uso, operação e inspeção do aquecedor.

**13.1** – 58% consideram que é fácil a regulagem do aquecedor.

**13.2** – 65% nunca verificaram o pré-filtro do aquecedor de passagem.

**13.3** – 47% verificam a cor da chama do aquecedor quando necessário e 41% nunca fazem este tipo de verificação.

**13.4** – 41% verificam a pilha do aquecedor a cada semestre e 35% nunca verificam.

**14** - Todos os usuários consideram que as alturas do aquecedor e dos dispositivos de controle estão adequadas.

**15** – Na opinião de 88% dos usuários o aquecedor está instalado em local adequado.

As questões 16 a 21 visam a obtenção de informações referentes ao grau de satisfação do usuário em relação ao SPAQ.

**16** – 36% consideram que, na concepção do SPAQ, o requisito de sustentabilidade deve ser priorizado.

**17** – 88% consideram que as Vazões das duchas estão adequadas ao uso.

**18** – 29% afirmaram ter instalado restritor de vazão nas duchas e 71% não instalaram ou não souberam responder.

**19** – 64% estão satisfeitos com o consumo mensal de energia para aquecimento de água.

**20** - 58% aprovam o sistema de aquecimento.

**21** – 59% consideram que a realização de um treinamento não é necessária.

A seguir, os formulários preenchidos, inclusive com os dados da pesquisa com os usuários:

## FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

### LEGENDA PARA IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE/LOCAL A SER CONSULTADO:

	VISTORIA / LEVANTAMENTO NO LOCAL
	MORADOR / USUÁRIO (VER QUESTIONÁRIO ESPECÍFICO)
	OBSERVAÇÃO / LEVANTAMENTO EM PROJETO
	ENCARREGADO / TÉCNICO EM MANUTENÇÃO
	GERENTE DO CONDOMÍNIO / ZELADOR
	FABRICANTE / FORNECEDOR / CATÁLOGO
	NÃO POSSÍVEL DE SER AFERIDO APÓS TÉRMINO DA EXECUÇÃO / ENTREGA DO PRÉDIO

### EDIFÍCIO A - Ribeirão Preto/S.P.

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
SEGURANÇA ESTRUTURAL	AÇÕES MECÂNICAS DURANTE O USO	As tubulações devem manter sua integridade quando submetidas a ações estáticas, dinâmicas, individuais e combinadas.	Verificar em projeto, nos pontos de transição entre elementos (parede x piso, parede x pilar, e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transmissão de esforços para a tubulação.				X	
		As tubulações embutidas não devem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo.	Verificar com o encarregado/executor, a forma de execução para atendimento dos requisitos.				X	
		O espaçamento entre suportes, ancoragens ou apoios deve ser adequado, de modo a garantir níveis de deformação compatíveis com os materiais empregados.	Os fixadores ou suportes das tubulações suspensas, aparentes ou não, assim como as próprias tubulações, devem resistir, sem entrar em colapso, a cinco vezes o peso próprio cheias d'água, quando estiverem fixas no teto ou em outros elementos estruturais, bem como não apresentar deformações que excedam 0,5 % do vão.			...	...	Falta detalhe em Projeto / Critério não medido (tubulação por forro)
		As tubulações e acessórios não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas às pressões de serviço.				X		
		As tubulações aparentes deverão resistir à impactos ou ações acidentais, sem sofrerem a perda de funcionalidade ou ruína.				X		
	GOLPES E VIBRAÇÕES	As tubulações devem ser fixadas adequadamente para não transmitirem vibrações.	Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.					X
			Sobrepressão máxima devido a transientes hidráulicos, não deve ser superior a 200 kPa.	Não há dispositivos geradores de golpes		X		X
			Velocidade da água no sub-sistema de recalque deve ser inferior a 10m/s.					Não aplicável: Aquecedor Central Privado
	RUPTURAS E DEFORMAÇÕES PERMANENTES	As tubulações e acessórios nos SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço. Os pontos de fixação deverão estar espaçados adequadamente para que as tubulações não sofram deformações permanentes devido ao uso.				X		
			Seguir os critérios de distribuição dos dispositivos de fixação (luva guia e luva ponto fixo) e dispositivos para absorção de dilatação, específicos para cada material.					Não aplicável: Aquecedor Central Privado

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
SEGURANÇA NO USO E OPERAÇÃO	NÃO APRESENTAR RISCOS DE EXPLOSAO, QUEIMADURAS, CHOQUES ELÉTRICOS OU INTOXICAÇÃO QUANDO EM OPERAÇÃO E USO NORMAL	Os componentes dos SPAQ não devem provocar choques elétricos.	As tubulações, aquecedores elétricos e acessórios devem ser direta ou indiretamente aterrados, com corrente de fuga limitada em 15mA.		88% - SIM 6% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU	X		
		As tubulações, equipamentos e acessórios não deverão transmitir calor irritante ou queima no usuário.	Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura da capa não pode exceder 60°C.	Critério medido com termômetro de infravermelho	94% - SIM 6% - NÃO	X		
			Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa, próxima a estes, não pode exceder 50°C.	Critério medido com termômetro de infravermelho		X		
		Os aquecedores devem ser dotados de dispositivo automático que controle a máxima temperatura admissível da água com dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia em caso de superaquecimento.	A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.	Dispositivo de segurança no aquecedor	X	X		
			Na saída da água quente do aquecedor deve ser instalada uma válvula de segurança de temperatura.			X		
		Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.		Aquecedor de Passagem	-	-		
		O suprimento de água fria e quente deverão ser integrados, de forma a não ocorrer a diminuição de água fria e queimar o usuário.	A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida para uso humano passar de 40°C no ponto de utilização.		35% - SIM 65% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU	X		
		A tubulação de gás combustível deverá ser projetada e executada visando a proteção da tubulação e ocorrências de vazamento.	O sistema predial de gás combustível, que abastece os equipamentos para aquecimento de água, deve seguir os critérios especificados na <b>NBR 15526 (ABNT, 2007)</b> .			X		
		Os ambientes em que se localizam aquecedores que utilizam gás combustível devem ser adequados para receber o equipamento.	A adequação do ambiente/local em que se encontra o aquecedor deve estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .		88% - SIM 12% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU	X		
	Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera.	As chaminés de exaustão dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .			X			
PREVENÇÃO DE FERIMENTOS OU LESÕES	As peças de utilização e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas.			94% - SIM 0% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU				

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
					SIM	NÃO	SIM	NÃO
ESTANQUEIDADE	QUANDO SUJEITAS ÀS PRESSÕES DE SERVIÇO, PREVISTAS EM PROJETO	As tubulações, equipamentos e peças de utilização não devem apresentar vazamentos quando submetidos à pressão estática máxima ou transientes hidráulicos.	Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.	Controlado pela V.R.P.			X	
			Sobrepção máxima admitida devido a transientes hidráulicos não deve ser superior a 200 kPa.	Não há dispositivos geradores de golpes			X	
			A verificação da estanqueidade deverá ser feita com água quente a 80°C, com pressão hidrostática interna de 1,5 vezes o valor da máxima pressão estática de serviço.				Não segue procedimento padronizado	
			Em nenhum caso devem apresentar vazamento quando submetidas a pressões inferiores a 100 kPa.				X	
EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
DESEMPENHO ACÚSTICO	NÃO PROVOCAR RUÍDOS DESAGRÁVEIS	As tubulações, equipamentos e demais componentes sujeitos aos esforços dinâmicos devem ser projetados para que não propaguem vibrações aos elementos das edificações.	A velocidade de escoamento da água nas tubulações dos sistemas prediais de água fria e água quente, não deve ser superior a 3,0m/s.	Verificado em projeto pelo diâmetro de tubulação	X		X	
		Nos locais onde o nível de ruído possa perturbar o repouso ou o desenvolvimento das atividades normais, a velocidade da água deve ser limitada a valores compatíveis com o isolamento acústico.			100% - SIM 0% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU			
		Componentes que produzam altos níveis de ruído (bombas, aquecedores centrais, etc.) deverão se situar em ambientes adequadamente protegidos contra a transmissão do som.						

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO			
				SIM	NÃO	SIM	NÃO		
DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE	MANUTENÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL DURANTE A VIDA ÚTIL DE PROJETO	Os componentes utilizados nos SPAQ devem resistir às características físico-químicas da água (pH, dureza, etc.).	As características físico-químicas da água deverão estar em acordo com a <b>Portaria 518/2008</b> , do Ministério da Saúde. (No sistema de distribuição manter o pH da água na faixa de 6,0 a 9,5). Para o cobre, o pH deve estar em torno e/ou acima de 7,5.	Material da rede: PPR / Ensaio de qualidade da água	X		X		
		As tubulações deverão ser devidamente protegidas contra a ação de ambientes agressivos e contra a ação do tempo.	Os elementos, componentes e instalações dos sistemas prediais de água quente devem apresentar durabilidade compatível com a vida útil de projeto (VUP ≥ 20 anos).					X	
		Os tubos e conexões de materiais sintéticos devem ser protegidos contra a ação da radiação solar.		Tubulação por forro	X				
	INTERVENÇÕES PERIÓDICAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO	As tubulações e os componentes dos SPAQ devem ter fácil acesso para inspeção e manutenção.	Fornecer ao usuário manual contendo as informações referentes ao uso, operação, inspeção e manutenção periódica dos SPAQ, em conformidade com a <b>NBR 5626 (ABNT, 2008)</b> e <b>NBR 14037 (ABNT, 1998)</b> .	Tubulação por forro			76% - SIM 24% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU		
		Os elementos de dilatação (liras ou juntas de expansão) devem ser instalados em locais de fácil acesso (shafts visitáveis/forros com inspeção), livres e desobstruídos.		Não se aplica	...	...			
		Qualquer suporte de fixação das tubulações deve estar em bom estado.	A instalação deve ser em princípio, inspecionada pelo menos uma vez ao ano.	Somente quando solicitado				X	
		Os aquecedores de água devem estar instalados em locais com facilidade para inspeções e manutenções periódicas.	Recomenda-se inspeções, dos espaços para tubulações em intervalos não superiores a seis meses.	Somente quando solicitado				X	
			Verificação periódica do pré-filtro do aquecedor de passagem, para o surgimento de resíduos sólidos.			X		0% - SEMANAL 0% - MENSAL 0% - SEMESTRAL 6% - ANUAL 65% - NUNCA 29% - QD. NECESSÁRIO 0% - NÃO RESPONDEU	
			Verificação periódica do estado da chama do aquecedor. A chama deverá estar sempre azul.					0% - SEMANAL 6% - MENSAL 0% - SEMESTRAL 6% - ANUAL 41% - NUNCA 47% - QD. NECESSÁRIO 0% - NÃO RESPONDEU	
			Verificação das condição e da carga de pilhas ou baterias.					0% - SEMANAL 0% - MENSAL 41% - SEMESTRAL 12% - ANUAL 35% - NUNCA 0% - ELÉTRICO 0% - NÃO RESPONDEU	

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR	EVITAR CONTAMINAÇÃO E PRESERVAR A POTABILIDADE DA ÁGUA	Os componentes do sistema devem preservar a potabilidade da água.		X				
		Nenhuma tubulação deve ser enterrada em solos contaminados nem passar dentro de componentes dos SPES (p.ex. caixas de inspeção).		X				
		O SPAF que abastece o SPAQ deverá ser separado fisicamente de qualquer outro sistema que conduza água não potável.		X				
		Não deverá haver refluxo de água já utilizada para dentro do sistema.		...	...			
		Todo componente aparente do sistema deve ser fabricado de material lavável e impermeável de forma a evitar impregnação de sujeira, desenvolvimento de bactérias ou atividades biológicas em sua superfície.		X				
	EVITAR A CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE PELOS GÁS GERADOS DA QUEIMADA DO COMBUSTÍVEL	Deve ser evitado que gases gerados pelos aquecedores permaneçam nos ambientes da edificação.	Os ambientes destinados à instalação dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007) .	Adequação de ambiente	X		X	
		Deve ser assegurada a ventilação permanente dos ambientes onde os aquecedores estão instalados.		Adequação de ambiente	X			

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO				
				SIM	NÃO	SIM	NÃO			
FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE	TEMPERATURA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA	Os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água.	A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.			X				
			Checkar "in-loco" a existência do dispositivo de controle de temperatura.		X		X			
			Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar incremento da temperatura da água conforme estabelece a <b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> .							
		Os dispositivos de controle com misturador devem permitir o ajuste na temperatura da água, de forma a propiciar o nível de conforto adequado.	A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida no ponto de utilização, para uso humano ultrapassar 40°C.				X			
			Os SPAF e SPAQ devem fornecer água de forma contínua em pressões balanceadas, compatível com o uso de misturador.							
			O ramal de alimentação do aquecedor não deve derivar de coluna de alimentação de válvulas de descarga.				X			
	Em condições dinâmicas, a pressão de água nos pontos de utilização não deve ser inferior a 10 kPa.					X				
	SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E QUENTE	Os SPAQ devem fornecer água quente na pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização.	Verificar com morador o nível de conforto durante o banho.				71% - SIM 24% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU			
		As tubulações do sistema devem ser de material resistente à temperatura máxima admissível.		Material da rede: PPR	X					
		Os aquecedores de acumulação privados, devem funcionar de forma adequada.	PI AQUECEDOR DE ACUMULAÇÃO	O ramal de alimentação de água fria deve ser executado de modo a não permitir o esvaziamento do aquecedor, a não ser pelo dreno.				-	-	
				A saída da tubulação de água quente deve ser provida de respiro e, quando não viável, deve ser substituído por dispositivo de idêntico desempenho.	Não se aplica - Aquecedor de Passagem				-	-
				Quando o aquecedor não for protegido por respiro, não deverá ser instalada válvula de retenção no ramal de alimentação de água fria, quando for por gravidade.					-	-
		Em edifícios de diversos pavimentos com aquecimento central coletivo, a coluna de distribuição de água quente deve ser ventilada.	PI AQUECEDOR CENTRAL		Não se aplica - aquecimento central privado					
		Caso exista dispositivo de recirculação na linha de retorno, deverá ser instalado antes da válvula de retenção		Sem recirculação						
			A tubulação de alimentação de água fria e distribuição de água quente deverão ser de material resistente à 120°C.	A partir do registro geral em PPR			X			
ESPAÇOS ADEQUADOS	Os aquecedores de água, acessórios e válvulas de controle de vazão devem estar instalados em locais com espaços que permitam fácil acesso, inspeção e manutenção.	Seguir as recomendações específicas de cada fabricante.		X		X				

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO	PROVER MANOBRAS CONFORTÁVEIS E SEGURAS NA OPERAÇÃO	As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque de acionamento de acordo com as normas de especificação de cada produto, além de serem isentos de rebarbas, asperezas, ou ressaltos que possam causar ferimentos.		94% - SIM 0% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU			
		As alturas dos equipamentos de aquecimento e dispositivos de controle devem ser adequadas ao uso.		100% - SIM 0% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU			
	TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO AQUECEDOR E DOS DISPOSITIVOS DE CONTROLE	O aquecedor, dispositivos de controle e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem ter temperatura irritante ou que provoque queimaduras.	Com o aquecedor operando com potência nominal, a temperatura na capa não pode exceder 60°C.	Crítério medido com termômetro de infra-vermelho	94% - SIM 0% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU	X	
			Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa e próxima a estes, não pode exceder 50°C.	Crítério medido com termômetro de infra-vermelho		X	

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
					SIM	NÃO	SIM	NÃO
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	USO RACIONAL DA ÁGUA	O sistema deverá ser projetado de modo a tornar mais eficiente o uso de água, reduzindo a demanda da rede pública.	Recomenda-se que as peças de utilização possuam vazão em conformidade com o prescrito na <b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> .				X	
		Controle de vazão de água em sistemas com pressão hidráulica excessiva nos pontos de utilização.	Para pressões superiores à 100 kPa, recomenda-se a instalação de arejadores para torneiras e restritores de vazão para duchas. Verificar a existência de arejador/restritor de vazão.			29% - SIM 59% - NÃO 12% - NÃO RESPONDEU		
	USO RACIONAL DE ENERGIA	O SPAQ deverá ser projetado de modo a racionalizar o uso de energia.	Verificar se os equipamentos estão etiquetados com selo de eficiência energética (Conpet / Procel), conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO.	O aquecedor não possui selo de eficiência energética.				X
		O sistema de aquecimento deve fornecer água a temperatura adequada ao uso e funcionamento, de forma a economizar energia.	A temperatura da água deverá ser no máximo de 70°C.				X	
		Os tubos e conexões, quando necessário, devem ter isolamento térmico de forma a minimizar a perda térmica e economizar energia.	Cobre: isolamento térmico em qualquer situação de uso.					
			CPVC (policloreto de vinila clorado): recomenda-se o isolamento quando as distâncias entre o aquecedor e o ponto de consumo estiverem acima de 20 metros ao ar livre, ou em situações em que perda térmica possa ser mais significativa.			X		
			PPR (polipropileno copolímero random-tipo3): recomenda-se o isolamento em situações em que perda térmica possa ser mais significativa (grandes consumos de fluxo de água quente em trechos longos de tubulação).		Material : PPR-PN25 (Sem isolamento)			X
	CUSTO OPERACIONAL DO SISTEMA DE AQUECIMENTO	Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar conforto compatível com o consumo de energia e com a disponibilidade de recursos financeiros do usuário.	Verificar com o morador/usuário, o grau de satisfação em relação ao gasto com energia.	Consome energia somente no uso			12% - MUITO SATISFEITO 47% - SATISFEITO 18% - POUCO SATISFEITO 24% - INSATISFEITO 0% - NÃO RESPONDEU	
		O isolamento térmico das tubulações deve ser eficiente, a fim de diminuir as perdas térmicas e o consumo de energia na recirculação.	Na adoção de sistemas de aquecimento com recirculação de água, deverá ser previsto o uso de dispositivos para controle da recirculação e controle do consumo de energia.	Material : PPR-PN25 (Sem isolamento)	X		-	-

A análise dos formulários mostra que, em função do edifício já estar habitado, nem todos os requisitos ou critérios podem ser verificados.

A seguir, os comentários das principais falhas de desempenho encontrados em função de cada exigência do usuário:

1-Para as exigências de **segurança estrutural**:

- Houve a autorização para mudança de material (de cobre para PPR), porém, a tabela de espaçamento para tubulações de PPR em função da temperatura não foi atualizada no projeto. O espaçamento não pôde ser verificado porque as tubulações passam por forro de gesso.

2-Para exigências de **segurança no uso e operação**:

- Os requisitos e critérios para essa exigência foram todos atendidos.
- Devido à confiabilidade no uso do equipamento, o usuário tende a não se preocupar com a segurança (Figura 4.2).



**Figura 4.2** – Condições de instalação do aquecedor

### 3-Para exigências de **estanqueidade**:

- Embora não foram constatadas ocorrências de vazamentos, verificou-se que o procedimento para teste de estanqueidade realizado pela construtora, não é feito conforme as recomendações normativas. O teste é feito com água fria e pressão máxima, de 1,5 vezes a pressão estática máxima, mantida durante 7 dias. O critério para verificação de estanqueidade em SPAQ preceitua o uso de água à 80°C. Não estabelece um tempo (mínimo ou máximo) para duração dos testes. Em SPAQ, com aquecedor de passagem central privativo, o teste de estanqueidade com água à 80°C se demonstra inadequado. Como o sistema não tem recirculação, a água quente se resfriaria durante o teste, perdendo assim, o efeito da temperatura sobre a tubulação.

### 4-Para exigências de **desempenho acústico**:

- Os requisitos e critérios para essa exigência foram atendidos e todos os usuários afirmaram, na pesquisa, que o ruído do aquecedor não incomoda.

### 5-Para exigências de **durabilidade e manutenibilidade**:

- Constatou-se que, nos apartamentos, as intervenções periódicas de manutenção e conservação no SPAQ são feitas apenas quando há alguma ocorrência. Da amostragem, 67% dos moradores nunca verificam o pré-filtro do aquecedor, 41% nunca observam a chama do aquecedor e 36% nunca verificam as condições e a carga da pilha.
- O condomínio mantém contrato com empresa, para realização de ensaios de manutenção da qualidade da água, dentro dos parâmetros da portaria 518/2008.
- 76% dos usuários afirmam ter recebido o manual de orientação para uso, operação e inspeção do aquecedor, mas apenas 42% não aprovam o sistema e 41% consideram

importante a realização de treinamento/palestra para esclarecimento de dúvidas sobre a operação do sistema.

6-Para exigências de **saúde, higiene e qualidade do ar:**

- O condomínio mantém contrato com empresa, para realização de ensaios de qualidade da água, garantindo que não ocorrem contaminações no sistema.
- Foram atendidos os critérios de adequação de ambiente, no projeto, através da ventilação permanente com abertura inferior na porta, superior por janela e chaminé de exaustão para exterior (Figura 4.3).



**Figura 4.3** – Chaminés de exaustão na fachada do edifício

7-Para exigências de **funcionalidade e acessibilidade:**

- Os requisitos e critérios para essa exigência foram todos atendidos, sendo que, dos participantes da pesquisa, 71% afirmaram que o nível de conforto durante o banho está adequado.

#### 8-Para exigências de **conforto tátil e antropodinâmico**:

- Os requisitos e critérios para essa exigência foram todos atendidos. Da amostragem, 94% dos usuários nunca se cortaram ou queimaram em contato com o SPAQ, e 100% consideraram adequadas as alturas de equipamentos e dispositivos de controle.
- As temperaturas da capa e dos dispositivos de controle, quando o aquecedor está funcionando, atende aos critérios estabelecidos.

#### 9-Para exigências de **adequação ambiental**:

- No requisito de uso racional de água, 59% dos usuários afirmaram não terem instalado restritor de vazão nas duchas; eles consomem 13,8% a mais de água e 39,8% a mais de gás combustível em relação aos usuários de apartamentos que instalaram o restritor.
- De modo geral, o usuário ainda não está esclarecido sobre o impacto que os requisitos de sustentabilidade causam sobre o consumo de água e de gás: 66,7% dos usuários que afirmaram ser a sustentabilidade mais importante do que o conforto não instalaram restritores de vazão nas duchas; 80% dos usuários que afirmaram ser a sustentabilidade e o conforto iguais em importância, também não instalaram.
- Não foi atendido o requisito de uso racional de energia, pois verificou-se que os aquecedores não possuem o selo de eficiência energética (CONPET).
- Por fim, 59% dos usuários se dizem satisfeitos ou muito satisfeitos com o sistema de aquecimento do edifício.

## Diagnóstico do desempenho do SPAQ para o Edifício A

A análise dos resultados obtidos, após a avaliação do SPAQ do edifício A, demonstram que não foram detectados problemas patológicos a serem resolvidos.

Mesmo assim, 42% dos participantes ainda se declararam pouco satisfeitos ou insatisfeitos com o sistema de aquecimento.

Recomenda-se que o condomínio:

- Crie um programa de manutenção preventiva para o SPAQ em todos os apartamentos, onde deverão ser verificadas periodicamente as condições de funcionamento dos aquecedores, pois 65% dos participantes nunca verificam o pré-filtro, 41% nunca verificam a chama e 35% nunca verificam a pilha do aquecedor.
- Confirmar a existência de restritores de vazão nas duchas, pois, mesmo sendo recomendado no manual do proprietário, 59% dos participantes declararam não ter instalado. Dessa forma, pretende-se diminuir alguns itens como: variação de temperatura durante o banho relatada por 65% dos participantes; variação de temperatura quando abre a ducha do outro banheiro relatada por 46%; e dificuldade de ajuste na temperatura da água durante o banho relatada por 30%.
- Verificar a adequação do ambiente em que o aquecedor está instalado como as condições dos dutos das chaminés, entrada e saída de ar e a ocorrência de modificações que possam prejudicar a ventilação permanente.
- Recomenda-se a realização de palestra explicativa pois 41% dos participantes ainda acham necessário o esclarecimento de dúvidas sobre o sistema e 42% consideram difícil ou média a regulação do aquecedor.

Com essas ações pretende-se melhorar o desempenho do SPAQ no edifício pesquisado e aumentar o grau de satisfação do usuário em relação ao sistema de aquecimento.

#### **4.2.4 Edifício B**

##### **Levantamento Documental**

A descrição das características do edifício B, desenhos e detalhes de projeto do SPAQ estão apresentados no Apêndice 4.

##### **Pesquisa em campo e discussão das não conformidades e patologias detectadas**

###### **a) Avaliação do SPAQ**

Nesta etapa realizou-se avaliação do SPAQ do Edifício A, por meio de entrevista com moradores e aplicação de formulários específicos.

Iniciou-se através de investigação detalhada do projeto executivo dos SPS.

Em seguida, realizou-se visita técnica ao referido edifício para fazer entrevista com o zelador, obter informações sobre o condomínio e coletar dados em alguns apartamentos. Foram obtidos os dados de consumo de água e gás combustível referentes ao período de janeiro a junho de 2009 e os resultados do acompanhamento técnico do tratamento de água dos últimos 7 meses, mostrando que o pH da água variou entre 7,03 e 7,72.

As entrevistas com o técnico de assistência técnica e com o encarregado da instalação hidráulica foram realizadas no escritório da construtora e as dúvidas esclarecidas por telefone.

###### **b) Entrevistas com moradores**

Esses são os resultados da pesquisa qualitativa, realizada por meio do questionário do Apêndice 2, junto aos moradores do Edifício B.

**Dados gerais da amostragem:**

- Número total de apartamentos: 52 unidades;
- Número de apartamentos ocupados: 38 unidades (Índice de ocupação: 73%);
- Número de questionários respondidos: 15 (Participação: 39%).

**Resumo das respostas de cada questão:**

As questões 1 a 4 visam a obtenção de informações sobre o grau de conhecimento dos usuários em relação ao sistema de aquecimento do apartamento.

- 1** - 73% identificaram de forma correta o tipo do sistema de aquecimento.
- 2** – 60% identificaram corretamente a marca/modelo do aquecedor.
- 3** – 67% informaram a localização do aquecedor de forma correta.
- 4** – 93% identificaram corretamente os pontos de utilização com água quente.

As questões 5 a 15 visam saber a opinião do próprio usuário quanto ao atendimento de alguns requisitos e critérios específicos.

- 5** – 80% desligam o aquecedor durante algum período de tempo.
- 6** – 27% desligam o aquecedor durante o período noturno.
- 6.1** – 53% possuem o controle de funcionamento automático.
- 7** – 73% conseguem ajustar a temperatura da água, ao nível de conforto desejado.
- 8** – 60% afirmam ocorrer variação de temperatura da água durante o banho.
- 8.1** – Dos usuários que afirmam ocorrer variação da temperatura da água, 33% afirmam que ocorre quando é aberto um ponto no mesmo ambiente, 22% afirmam que ocorre quando abre um ponto em outro ambiente e 45% afirmam que ocorre sem motivo aparente ou não respondeu.
- 9** – 86% não levaram choque, no uso de chuveiros elétricos.
- 10** – 87% não ter se cortaram no contato com o aquecedor.

- 11** – 94% não se queimaram no contato com o aquecedor ou registro.
- 12** – Todos os usuários afirmam que o ruído do aquecedor não incomoda.
- 13** – 66% afirmam ter recebido o manual de orientação para uso, operação e inspeção do aquecedor.
- 13.1** – 60% consideram fácil a regulagem do aquecedor.
- 13.2** – 46% nunca verificaram o pré-filtro do aquecedor de passagem.
- 13.3** – 32% verificam a cor da chama do aquecedor quando necessário e 27% nunca fazem este tipo de verificação.
- 13.4** – 40% não responderam ou não sabem e 33% nunca verificam a pilha do aquecedor.
- 14** – 80% consideram que as alturas do aquecedor e dos dispositivos de controle estão adequadas.
- 15** – Na opinião de 87% dos usuários o aquecedor está instalado em local adequado.

As questões 16 a 21 visam obter informações referentes ao grau de satisfação do usuário em relação ao SPAQ.

- 16** – 54% consideram que, na concepção do SPAQ, o requisito de sustentabilidade deve ser priorizado.
- 17** – Todos os usuários consideram que as vazões das duchas estão adequadas ao uso.
- 18** – 60% afirmam ter instalado restritor de vazão nas duchas e 40% não instalaram ou não souberam responder.
- 19** – 60% estão satisfeitos com o consumo mensal de energia para aquecimento de água.
- 20** - 87% aprovam o sistema de aquecimento.
- 21** – 67% consideram necessária a realização de treinamento.

A seguir, os formulários preenchidos, inclusive com os dados da pesquisa com os usuários:

## FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

### LEGENDA PARA IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE/LOCAL A SER CONSULTADO:

	VISTORIA / LEVANTAMENTO NO LOCAL
	MORADOR / USUÁRIO (VER QUESTIONÁRIO ESPECÍFICO)
	OBSERVAÇÃO / LEVANTAMENTO EM PROJETO
	ENCARREGADO / TÉCNICO EM MANUTENÇÃO
	GERENTE DO CONDOMÍNIO / ZELADOR
	FABRICANTE / FORNECEDOR / CATÁLOGO
	NÃO POSSÍVEL DE SER AFERIDO

### EDIFÍCIO B - Ribeirão Preto/S.P.

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO			
				SIM	NÃO	SIM	NÃO		
<b>SEGURANÇA ESTRUTURAL</b>	<b>AÇÕES MECÂNICAS DURANTE O USO</b>	As tubulações devem manter sua integridade quando submetidas à ações estáticas, dinâmicas, individuais e combinadas.	Verificar em projeto, nos pontos de transição entre elementos (parede x piso, parede x pilar, e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transmissão de esforços para a tubulação.				<b>X</b>		
		As tubulações embutidas não devem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo.	Verificar com o encarregado/executor, a forma de execução para atendimento dos requisitos.				<b>X</b>		
		O espaçamento entre suportes, ancoragens ou apoios deve ser adequado, de modo a garantir níveis de deformação compatíveis com os materiais empregados.	Os fixadores ou suportes das tubulações suspensas, aparentes ou não, assim como as próprias tubulações, devem resistir, sem entrar em colapso, a cinco vezes o peso próprio cheias d'água, quando estiverem fixas no teto ou em outros elementos estruturais, bem como não apresentar deformações que excedam 0,5 % do vão.		...	...	Falta detalhe em Projeto / Critério não medido (tubulação por forro)		
		As tubulações e acessórios não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas às pressões de serviço.			<b>X</b>				
		As tubulações aparentes deverão resistir à impactos ou ações acidentais, sem sofrerem a perda de funcionalidade ou ruína.			Sem ocorrências	<b>X</b>			
	<b>BOLSES E MERTORES</b>	As tubulações devem ser fixadas adequadamente para não transmitirem vibrações.	Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.				<b>X</b>		
			Sobrepessão máxima devido a transientes hidráulicos, não deve ser superior a 200 kPa.	Não há dispositivos geradores de golpes				<b>X</b>	
			Velocidade da água no sub-sistema de recalque deve ser inferior a 10m/s.					Não aplicável: Aquecedor Central Privado	
	<b>RUPTURAS DEFORMAÇÕES PERMANENTES</b>	As tubulações e acessórios nos SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.			<b>X</b>				
		Os pontos de fixação deverão estar espaçados adequadamente para que as tubulações não sofram deformações permanentes devido ao uso.	Seguir os critérios de distribuição dos dispositivos de fixação (luva guia e luva ponto fixo) e dispositivos para absorção de dilatação, específicos para cada material.					Não aplicável: Aquecedor Central Privado	

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
SEGURANÇA NO USO E OPERAÇÃO	<p><b>REPRESENTANTES DE EXATOS QUEIMAS ELÉTRICAS QUANTO À QUANTIDADE DE ENERGIA USUÁRIA</b></p> <p>Os componentes dos SPAQ não devem provocar choques elétricos.</p> <p>As tubulações, equipamentos e acessórios não deverão transmitir calor irritante ou queima no usuário.</p> <p>Os aquecedores devem ser dotados de dispositivo automático que controle a máxima temperatura admissível da água com dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia em caso de superaquecimento.</p> <p>Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.</p> <p>O suprimento de água fria e quente deverão ser integrados, de forma a não ocorrer a diminuição de água fria e queimar o usuário.</p> <p>A tubulação de gás combustível deverá ser projetada e executada visando a proteção da tubulação e ocorrências de vazamento.</p> <p>Os ambientes em que se localizam aquecedores que utilizam gás combustível devem ser adequados para receber o equipamento.</p> <p>Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera.</p>	As tubulações, aquecedores elétricos e acessórios devem ser direta ou indiretamente aterrados, com corrente de fuga limitada em 15mA.	As tubulações, aquecedores elétricos e acessórios devem ser direta ou indiretamente aterrados, com corrente de fuga limitada em 15mA.		87% - SIM 6,5% - NÃO 6,5% - NÃO RESPONDEU		X	
		Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura da capa não pode exceder 60°C.	Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura da capa não pode exceder 60°C.	Crítério medido com termômetro de infravermelho	93% - SIM 7% - NÃO		X	
		Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa, próxima a estes, não pode exceder 50°C.	Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa, próxima a estes, não pode exceder 50°C.	Crítério medido com termômetro de infravermelho			X	
		A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.	A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.	O sistema está sendo modificado para atender a esse requisito		X		X
		Na saída da água quente do aquecedor deve ser instalada uma válvula de segurança de temperatura.	Na saída da água quente do aquecedor deve ser instalada uma válvula de segurança de temperatura.	Sistema conjugado				X
		Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.			X			
		O suprimento de água fria e quente deverão ser integrados, de forma a não ocorrer a diminuição de água fria e queimar o usuário.	A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida para uso humano passar de 40°C no ponto de utilização.		60% - SIM 40% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU		X	
		A tubulação de gás combustível deverá ser projetada e executada visando a proteção da tubulação e ocorrências de vazamento.	O sistema predial de gás combustível, que abastece os equipamentos para aquecimento de água, deve seguir os critérios especificados na <b>NBR 15526 (ABNT, 2007)</b> .		X		X	
		Os ambientes em que se localizam aquecedores que utilizam gás combustível devem ser adequados para receber o equipamento.	A adequação do ambiente/local em que se encontra o aquecedor deve estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .		87% - SIM 13% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU		X	
	Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera.	As chaminés de exaustão dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .						
	As peças de utilização e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas.			0% - SIM 87% - NÃO 13% - NÃO RESPONDEU				

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
					SIM	NÃO	SIM	NÃO	
ESTANQUEIDADE	QUANTO A ESTANQUEIDADE DEVE SER VERIFICADA EM TODAS AS ENTRADAS E SAÍDAS	As tubulações, equipamentos e peças de utilização não devem apresentar vazamentos quando submetidos à pressão estática máxima ou transientes hidráulicos.	Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.	Controlado pela V.R.P.			X		
			Sobrepessão máxima admitida devido a transientes hidráulicos não deve ser superior a 200 kPa.	Não há dispositivos geradores de golpes			X		
			A verificação da estanqueidade deverá ser feita com água quente a 80°C, com pressão hidrostática interna de 1,5 vezes o valor da máxima pressão estática de serviço.	Não segue procedimento padronizado				X	
			Em nenhum caso devem apresentar vazamento quando submetidas a pressões inferiores a 100 kPa.				X		
EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
DESEMPENHO ACÚSTICO	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DEVE SER ADEQUADAMENTE ISOLADOS	As tubulações, equipamentos e demais componentes sujeitos aos esforços dinâmicos devem ser projetados para que não propaguem vibrações aos elementos das edificações.	A velocidade de escoamento da água nas tubulações dos sistemas prediais de água fria e água quente, não deve ser superior a 3,0m/s.	Verificado pela vazão da bomba de recirculação	X		X		
		Nos locais onde o nível de ruído possa perturbar o repouso ou o desenvolvimento das atividades normais, a velocidade da água deve ser limitada a valores compatíveis com o isolamento acústico.				100% - SIM 0% - NÃO 0% - NÃO RESPONDEU			
		Componentes que produzam altos níveis de ruído (bombas, aquecedores centrais, etc.) deverão se situar em ambientes adequadamente protegidos contra a transmissão do som.							

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO			
				SIM	NÃO	SIM	NÃO		
DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE	MANUTENÇÃO DA PARAFRASE FUNCIONAL DURANTE A VIDA ÚTIL DE PRODUÇÃO	Os componentes utilizados nos SPAQ devem resistir às características físico-químicas da água (PH, dureza, etc.).	As características físico-químicas da água deverão estar em acordo com a <b>Portaria 518/2008</b> , do Ministério da Saúde. (No sistema de distribuição manter o pH da água na faixa de 6,0 a 9,5). Para o cobre o pH deve estar em torno e/ou acima de 7,5.	Material da rede: PPR / Ensaio de qualidade da água	X		X		
		As tubulações deverão ser devidamente protegidas contra a ação de ambientes agressivos e contra a ação do tempo.	Os elementos, componentes e instalação dos sistemas prediais de água quente devem apresentar durabilidade compatível com a vida útil de projeto (VUP ≥ 20 anos).	Não se aplica				X	
		Os tubos e conexões de materiais sintéticos devem ser protegidos contra a ação da radiação solar.		Tubulação por forro	X				
	INTERVENÇÕES PERIÓDICAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO	As tubulações e os componentes dos SPAQ devem ter fácil acesso para inspeção e manutenção.	Fornecer ao usuário manual contendo as informações referentes ao uso, operação, inspeção e manutenção periódica dos SPAQ, em conformidade com a <b>NBR 5626 (ABNT, 2008)</b> e <b>NBR 14037(ABNT, 1998)</b> .	Tubulação com acesso na área junto ao AQC			67% - SIM 27% - NÃO 7% - NÃO RESPONDEU		
		Os elementos de dilatação (liras ou juntas de expansão) devem ser instalados em locais de fácil acesso (shafts visitáveis/forros com inspeção), livres e desobstruídos.		Não se aplica					
		Qualquer suporte de fixação das tubulações deve estar em bom estado.	A instalação deve ser em princípio, inspecionada pelo menos uma vez por ano.	Somente quando solicitado				X	
		Os aquecedores de água devem estar instalados em locais que tenham facilidade para inspeções e manutenções periódicas.	Recomenda-se inspeções, dos espaços para tubulações, a intervalos não superiores a seis meses.	Somente quando solicitado				X	
			Verificação periódica do pré-filtro do aquecedor de passagem, para o surgimento de resíduos sólidos.					7% - SEMANAL 0% - MENSAL 0% - SEMESTRAL 0% - ANUAL 20% - NUNCA 47% - QD. NECESSÁRIO 8% - NÃO RESPONDEU	
			Verificação periódica do estado da chama do aquecedor. A chama deverá estar sempre azul.		Pouco espaço para manutenção / operação		X	0% - SEMANAL 7% - MENSAL 0% - SEMESTRAL 0% - ANUAL 27% - NUNCA 33% - QD. NECESSÁRIO 27% - NÃO RESPONDEU	
			Verificação das condição e da carga de pilhas ou baterias.					0% - SEMANAL 7% - MENSAL 13% - SEMESTRAL 0% - ANUAL 33% - NUNCA 7% - ELÉTRICO 40% - NÃO RESPONDEU	

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR	EVITAR CONTAMINAÇÃO E PRESERVAR A POTABILIDADE DA ÁGUA	Os componentes do sistema devem preservar a potabilidade da água.		X				
		Nenhuma tubulação deve ser enterrada em solos contaminados nem passar dentro de componentes dos SPES (p.ex. caixas de inspeção).		X				
		O SPAF que abastece o SPAQ deverá ser separado fisicamente de qualquer outro sistema que conduza água não potável.		X				
		Não deverá haver refluxo de água já utilizada para dentro do sistema.		...	...			
		Todo componente aparente do sistema deve ser fabricado de material lavável e impermeável de forma a evitar impregnação de sujeira, desenvolvimento de bactérias ou atividades biológicas em sua superfície.		Material da rede: PPR	X			
	EVITAR ACCUMINAÇÃO DE GÁS GERADO EM AMBIENTES FECHADOS E DA QUEIMA DO COMBUSTÍVEL	Deve ser evitado que gases gerados pelos aquecedores permaneçam nos ambientes da edificação.	Os ambientes destinados à instalação dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007) .	Aquecedor instalado em varanda técnica	X			X
		Deve ser assegurada a ventilação permanente dos ambientes onde os aquecedores estão instalados.			X			

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE	TEMPERATURA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA	Os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água.	A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.				X	
			Checar "in-loco" a existência do dispositivo de controle de temperatura.		X		X	
			Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar incremento da temperatura da água conforme estabelece a <b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> .					
			A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida no ponto de utilização, para uso humano ultrapassar 40°C.				X	
			Os SPAF e SPAQ devem fornecer água de forma contínua em pressões balanceadas, compatível com o uso de misturador.					
			O ramal de alimentação do aquecedor não deve derivar de coluna de alimentação de válvulas de descarga.				X	
			Em condições dinâmicas, a pressão de água nos pontos de utilização não deve ser inferior a 10 kPa.				X	
	SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E QUENTE	Os SPAQ devem fornecer água quente na pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização.	Verificar com morador o nível de conforto durante o banho.		X		73% - SIM 20% - NÃO 7% - NÃO RESPONDEU	
		As tubulações do sistema devem ser de material resistente à temperatura máxima admissível.		Material da rede: PPR	X		X	
		Os aquecedores de acumulação privados, devem funcionar de forma adequada.	O ramal de alimentação de água fria deve ser executado de modo a não permitir o esvaziamento do aquecedor, a não ser pelo dreno.					
			A saída da tubulação de água quente deve ser provida de respiro e, quando não viável, deve ser substituído por dispositivo de idêntico desempenho.					
			Quando o aquecedor não for protegido por respiro, não deverá ser instalada válvula de retenção no ramal de alimentação de água fria, quando for por gravidade.					
		Em edifícios de diversos pavimentos com aquecimento central coletivo, a coluna de distribuição de água quente deve ser ventilada.			Não se aplica - aquecimento central privado			
	AQUECEDOR CENTRAL	Caso exista dispositivo de recirculação na linha de retorno, deverá ser instalado antes da válvula de retenção						
		A tubulação de alimentação de água fria e distribuição de água quente deverão ser de material resistente à 120°C.		Para alimentação de AF (Ponto de início?)				
ESPAÇOS ADEQUADOS	Os aquecedores de água, acessórios e válvulas de controle de vazão devem estar instalados em locais com espaços que permitam fácil acesso, inspeção e manutenção.	Seguir as recomendações específicas de cada fabricante.	Falta critério do fabricante / fornecedor	X			X	

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO	<p><b>PROMOVER MANEIRAS DE CONTROLE E SELECÇÃO NA OPERAÇÃO</b></p> <p>As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque de acionamento de acordo com as normas de especificação de cada produto, além de serem isentos de rebarbas, asperezas, ou ressaltos que possam causar ferimentos.</p>				87% - SIM 0% - NÃO 13% - NÃO RESPONDEU		
	<p>As alturas dos equipamentos de aquecimento e dispositivos de controle devem ser adequadas ao uso.</p>				80% - SIM 7% - NÃO 13% - NÃO RESPONDEU		
	<p><b>TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO AQUECEDOR E DOS DISPOSITIVOS DE CONTROLE</b></p> <p>O aquecedor, dispositivos de controle e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem ter temperatura irritante ou que provoque queimaduras.</p>	<p>Com o aquecedor operando com potência nominal, a temperatura na capa não pode exceder 60°C.</p>	<p>Critério medido com termômetro de infravermelho</p>	93% - SIM 7% - NÃO 6% - NÃO RESPONDEU	X		
		<p>Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa e próxima a estes, não pode exceder 50°C.</p>	<p>Critério medido com termômetro de infravermelho</p>		X		

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO / OBSERVAÇÃO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO			
				SIM	NÃO	SIM	NÃO		
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	ISOLAMENTO DA REDE	O sistema deverá ser projetado de modo a tornar mais eficiente o uso de água, reduzindo a demanda da rede pública.	Recomenda-se que as peças de utilização possuam vazão em conformidade com o prescrito na <b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> .	Posteriormente instalado Timer para controle		X	X		
		Para sistemas com pressão hidráulica excessiva, na peça de utilização, controlar a vazão de água para resultarem em valores próximos aos mínimos necessários.	Para pressões superiores à 100 kPa, recomenda-se a instalação de arejadores para torneiras e restritores de vazão para duchas.					60% - SIM 27% - NÃO 13% - NÃO RESPONDEU	
	ISOLAMENTO DE ENERGIA	O SPAQ deverá ser projetado de modo a racionalizar o uso de energia.	Equipamentos devem estar etiquetados com selo de eficiência energética (Conpet / Procel), conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO.	Classificação variável conforme apartamento			X		
		O sistema de aquecimento deve fornecer água a temperatura adequada ao uso e funcionamento, de forma a economizar energia.	A temperatura da água deverá ser no máximo de 70°C.					X	
		Os tubos e conexões, quando necessário, devem ter isolamento térmico de forma a minimizar a perda térmica e economizar energia.	Cobre: isolamento térmico em qualquer situação de uso.						
			CPVC (policloreto de vinila clorado): recomenda-se o isolamento quando as distâncias entre o aquecedor e o ponto de consumo estiverem acima de 20 metros ao ar livre, ou em situações em que perda térmica possa ser mais significativa.			X			
			PPR (polipropileno copolímero random-tipo3): recomenda-se o isolamento em situações em que perda térmica possa ser mais significativa (grandes consumos de fluxo de água quente em trechos longos de tubulação).		Material : PPR-PN25 (Sem isolamento)			X	
	CUSTO OPERACIONAL DO SISTEMA DE AQUECIMENTO	Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar conforto compatível com o consumo de energia e com a disponibilidade de recursos financeiros do usuário.	Verificar com o morador/usuário, o grau de satisfação em relação ao gasto com energia.	Posteriormente instalado Timer para controle				7% - MUITO SATISFEITO 80% - SATISFEITO 13% - POUCO SATISFEITO 0% - INSATISFEITO 0% - NÃO RESPONDEU	
		O isolamento térmico das tubulações deve ser eficiente, a fim de diminuir as perdas térmicas e o consumo de energia na recirculação.	Na adoção de sistemas de aquecimento com recirculação de água, deverá ser previsto o uso de dispositivos para controle da recirculação e controle do consumo de energia.	Material : PPR-PN25 (Sem isolamento)	X		X	X	

A análise dos formulários mostra que, em função do edifício já estar habitado, nem todos os requisitos ou critérios podem ser verificados.

Comentários das principais falhas ou problemas patológicos encontrados em função de cada exigência do usuário:

1-Para as exigências de **segurança estrutural**:

- O material utilizado para condução de água quente foi o PPR (PN-25), e pelas informações fornecidas pelo encarregado dos SPHS foi seguido o espaçamento para tubulações em função da temperatura, recomendado pelo fabricante. O espaçamento não pôde ser verificado porque as tubulações passam por forro de gesso. A Figura 4.4 mostra um registro fotográfico, durante a execução, onde pode-se observar o padrão de fixação da tubulação.



**Figura 4.4** – Fixação da tubulação antes da execução do forro de gesso

## 2-Para exigências de **segurança no uso e operação**:

- Não houve registro de usuário que se cortou em contato com o aquecedor;
- 7% dos usuários afirmaram já ter levado choque em contato com o chuveiro elétrico;
- Quando aquecedor está funcionando, as medidas de temperatura da carcaça e dos dispositivos de controle confirmaram o atendimento aos critérios. Mesmo assim, 6% dos usuários afirmaram ter se queimado em contato com o aquecedor ou registro;
- O ambiente onde o aquecedor está instalado (laje técnica) e a chaminé de exaustão dos gases (Figura 4.5) estão em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007).



**Figura 4.5** – Saída da chaminé para fachada

## 3-Para exigências de **estanqueidade**:

- Não foram constatadas ocorrências de vazamentos, mas verificou-se que o procedimento para teste de estanqueidade realizado pela construtora não é feito conforme as recomendações normativas. O teste é feito com água fria e pressão de 1,5 vezes a pressão estática máxima, mantida durante 7 dias. O critério para verificação de estanqueidade em SPAQ preceitua o uso de água à 80°C. Não estabelece um tempo (mínimo ou máximo) para duração dos testes. Em SPAQ, com aquecedor central privativo de acumulação, o

teste de estanqueidade, mantendo-se a água quente à 80°C, poderá ser feito desde que seja observada a máxima pressão admissível para o reservatório térmico, e que o sistema tenha recirculação. Dessa forma, a água quente não resfriará durante o teste, mantendo o efeito da temperatura sobre a tubulação.

#### 4-Para exigências de **desempenho acústico**:

- Os requisitos e critérios para essa exigência foram atendidos e todos os usuários afirmaram, na pesquisa, que o ruído do aquecedor não incomoda.

#### 5-Para exigências de **durabilidade e manutenibilidade**:

- Constatou-se que, nos apartamentos, as intervenções periódicas de manutenção e conservação no SPAQ são feitas apenas quando há alguma ocorrência. Da amostragem, 47% dos moradores nunca verificam o pré-filtro do aquecedor ou não souberam responder, 41% nunca observam a chama do aquecedor e 36% nunca verificam as condições e a carga da pilha;
- O condomínio mantém contrato com empresa, para realização de ensaios de manutenção da qualidade da água, dentro dos parâmetros da portaria 518/2008;
- 66% dos usuários afirmam ter recebido o manual de orientação para uso, operação e inspeção do aquecedor e, praticamente a mesma porcentagem, 67% consideram importante a realização de treinamento/palestra para esclarecimento de dúvidas sobre a operação do sistema.

#### 6-Para exigências de **saúde, higiene e qualidade do ar**:

- O condomínio mantém contrato com empresa, para realização de ensaios de qualidade da água, garantindo que não ocorram contaminações no sistema;

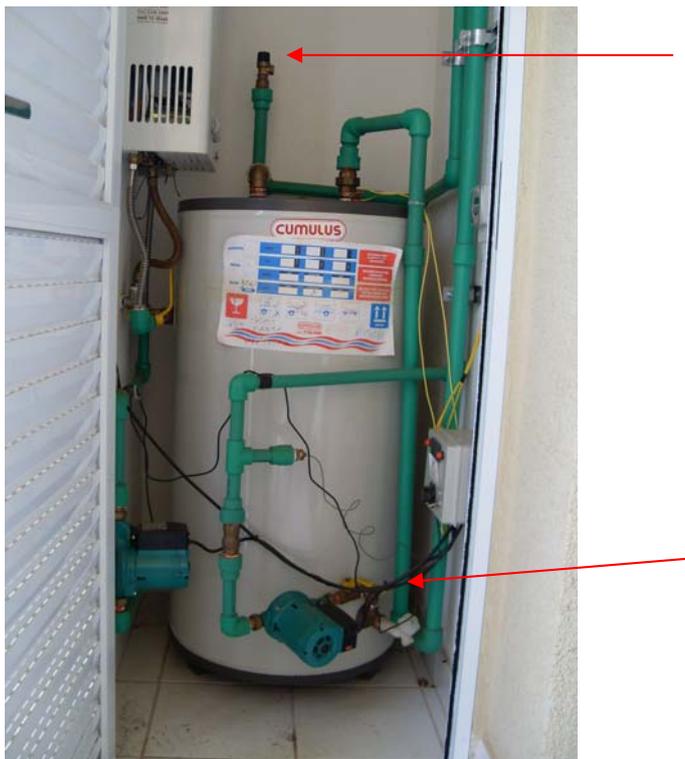
- O aquecedor está localizado em laje técnica (Figura 4.6) com chaminé de exaustão instalada conforme a NBR 13103 (ABNT, 2007).



**Figura 4.6** – Laje técnica com porta de acesso ao local do aquecedor

#### 7-Para exigências de **funcionalidade e acessibilidade**:

- O técnico de manutenção do aquecedor considera pequeno, o local onde o sistema está instalado;
- 73% dos usuários consideram que o nível de conforto durante o banho está adequado, embora 60% afirmaram que ocorre variação de temperatura durante o banho;
- O reservatório térmico possui válvula de segurança e somente é esvaziado pelo dreno (Figura 4.7).



**Figura 4.7** – Reservatório térmico com válvula de segurança e dreno

#### 8-Para exigências de **conforto táctil e antropodinâmico**:

- Não há registro de usuário que tenha se cortado em contato com o aquecedor embora 7% de usuários afirmam ter levado choque elétrico em contato com o aquecedor.
- 80% dos usuários consideram adequadas as alturas de equipamentos e dispositivos de controle;
- As temperaturas externas da capa e dos dispositivos de controle (Figura 4.8), quando o aquecedor está funcionando, atende aos critérios estabelecidos.



**Figura 4.8** – Altura dos registros de operação (em torno de 2,0m)

#### 9-Para exigências de **adequação ambiental**:

- No requisito de uso racional de água, 40% dos usuários afirmaram não ter instalado restritor de vazão nas duchas. Eles consomem, em média, 39,54% a mais de água e 21,73% a mais de gás combustível em relação aos usuários de apartamentos que instalaram o restritor;
- 53% dos usuários consideram a sustentabilidade mais importante do que o conforto.
- De forma controversa, 37,5% dos usuários que afirmaram ser a sustentabilidade mais importante do que o conforto, não instalaram restritores de vazão nas duchas;
- Foi atendido o requisito de uso racional de energia, pois verificou-se que os aquecedores possuem o selo de eficiência energética (CONPET);

- 87% dos usuários se dizem satisfeitos ou muito satisfeitos com o sistema de aquecimento do edifício;
- 73% dos usuários estão satisfeitos com o consumo mensal de energia gasto com o sistema de aquecimento.
- 80% dos usuários afirmaram desligar o aquecedor em algum período: 32% no período da manhã, 27% durante a noite e 13% durante a manhã e noite.
- 53% dos sistemas de aquecimento possuem controle automático por meio de controlador digital (Figura 4.9), onde é feita a programação das condições de funcionamento. Nos demais, o controle é feito de forma manual.



**Figura 4.9** – Controlador digital de funcionamento automático do sistema

## Diagnóstico do desempenho do SPAQ para o Edifício B

A partir da pesquisa junto aos usuários recomendam-se as seguintes ações:

- Instalação de restritores de vazão nas duchas. Ainda que se leve em consideração que 100% dos participantes consideram que as vazões das duchas estão adequadas ao uso e, desses, 60% declararam não ter instalado o restritor de vazão recomendado no manual do usuário. Recomenda-se a instalação do mesmo a fim de minimizar outros problemas, tais como: variação de temperatura sem motivo aparente relatada por 45%; e dificuldade de ajuste na temperatura da água durante o banho relatada por 13%.
- Realização de palestra explicativa, pois, apesar de 87% dos participantes aprovarem o sistema de aquecimento, 67% ainda acham necessário o esclarecimento de dúvidas sobre o sistema;
- Elaboração e implantação de um plano geral de manutenção periódica preventiva no SPAQ.

Na análise dos resultados obtidos, após a avaliação do SPAQ do edifício B, pode-se constatar a ocorrência de alguns problemas patológicos, que serão relatados no item a seguir.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta dissertação permitiu as seguintes considerações:

- O método de pesquisa adotado para a identificação dos requisitos e critérios de desempenho do SPAQ, em edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos, mostrou-se adequado, pois, independentemente da constatação ou não de não conformidades, sua aplicação nos dois estudos de caso tiveram como resultado a proposição de melhorias para o desempenho e aumento do grau da satisfação do usuário. Por isso, os resultados serão apresentados e disponibilizados para a Construtora. Mesmo assim, sugere-se que seja aplicada, avaliada, revista e atualizada em futuros trabalhos do PPGCiv e pelos profissionais da área dos SPHS.
- Constatou-se, através da falta de bibliografia sobre o assunto, que, no Brasil, existe a necessidade da continuidade desse estudo. Mesmo que os índices de ocorrência de não conformidades no SPAQ sejam inferiores aos demais subsistemas, os reflexos ocasionados pela queda de desempenho e conseqüente perda de conforto durante o uso, geram também um grande incômodo aos usuários.
- No desenvolvimento deste trabalho constatou-se a existência de divergências entre fabricantes de materiais (tubos e conexões), fabricantes de aquecedores e normas técnicas sobre qual deve ser a temperatura máxima da água no SPAQ. Torna-se, então, de fundamental importância uma definição por parte do meio científico e acadêmico, de quais devem ser as temperaturas máximas e mínimas da água na produção e na distribuição e que atendam aos requisitos e critérios de desempenho do SPAQ.
- A conclusão deste trabalho aponta para a necessidade de revisão da NBR 7198 (ABNT, 1993) para que, entre outros assuntos, apresente de forma objetiva e detalhada, os

requisitos e critérios a serem atendidos pelo SPAQ, adequando-se às exigências do usuário conforme preceitua a NBR 15571-6 (ABNT, 2008) e demais normas técnicas correlatas.

- Sugere-se a revisão e padronização de metodologia para execução de teste de estanqueidade nas tubulações do SPAQ e a definição das condições para aceitação do sistema.
- No projeto do SPAQ, destaca-se a importância de controlar as vazões das duchas compatibilizando-as com a vazão disponível nos aquecedores a gás, pois a vazão fornecida pelos fabricantes em catálogos e manuais técnicos trata de vazão obtida no ponto de consumo, ou seja, no misturador. A inobservância dessa informação poderá ocasionar sérios erros de dimensionamento em aquecedores de passagem ou a falta de água quente em aquecedores de acumulação.
- Por fim, constatou-se que o atendimento aos requisitos e critérios de desempenho específicos para o SPAQ, poderá contribuir para a redução de erros, nas etapas de projeto, execução e manutenção do SPAQ, evitando futuros problemas patológicos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. G.; GONÇALVES, O. M. **Avaliação durante operação (ADO): metodologia aplicada aos sistemas prediais.** São Paulo: Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1994. 21 p. Boletim Técnico.

AMORIM, S.V. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: desempenho e normalização.** 1989. 168 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Planejamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

AMORIM, S.V. **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais.** 1997. 213 p. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ARAÚJO, L. S. et al. In: X Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. 2004, São Paulo **Avaliação durante operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários de edifícios escolares.** São Paulo, X ENTAC. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5626:** instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-7198:** projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-8130:** aquecedor de água a gás tipo instantâneo. Rio de Janeiro, 2004. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-11720:** conexões para união de tubos de cobre por soldagem ou brasagem capilar - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-13103:** instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos dos ambientes. Rio de Janeiro, 2007. 38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14037:** manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 1998. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14745**: tubo de cobre sem costura flexível, para condução de fluidos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15526**: redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2007. 38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-1**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008. 52 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-2**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2008. 29 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-3**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2008. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-4**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 4: Requisitos de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2008. 51 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-5**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008. 54 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575-6**: desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho - Parte 6: Sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2008. 28 p.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. 263 p. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRASIL. Decreto-lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 18 de outubro de 2001. Seção I-E.

CONCEIÇÃO, A. P. **Estudo da incidência de falhas visando a melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** 2007. 135 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

GOMIDE, T. L. F.; PUJADAS, F. Z. A.; FAGUNDES NETO, J. C. P. **Técnicas de inspeção e manutenção predial.** 1.ed. São Paulo, Editora Pini. 2006. 227 p.

HARTMANN, M. Processo de desinfecção de água. **Hydro**, São Paulo, ano II, n°17, p.18-23, 2008.

ILHA, M. S. O. - **Estudo de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais.** 1991. 204 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M., KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente.** São Paulo: Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1994. 67 p. Texto Técnico.

ILHA, M. S. O.; GNIPPER, S.F. A investigação patológica na melhoria dos sistemas prediais hidráulico-sanitários. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°30, p.60-65, 2009.

ILHA, M. S. O. Projeto e execução de sistemas prediais de água fria e quente. **Hydro**, São Paulo, ano IV, n°36, p.54-57, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241.** Performace standards in buildings. Principles for their preparation and factors to be considered. London. 1984. 12 p.

LIBERATI, M. A.; BOURBON, F. **Grandes civilizações do passado: A Roma Antiga.** Barcelona, Ediciones Folio, S.A. 2005. 300 p.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções.** 1985. 191 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

LIMA, J. B. A. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS.** 2003. 123 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois. 1982. Instalação de água quente: cap.7, p.450-486.

PANPLONA, N. Governo vai incentivar energia solar. **O Estado de S. Paulo**, 26 ago. 2007. Caderno Economia, p.B11.

PETRUCCI, A. L. **Modelo para previsão do comportamento de aquecedores de acumulação em sistemas prediais de água quente**. 1998. 167 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

**Eficiência Energética / Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe.asp>>. Acesso em: 11 fev. 2009.

**Atlas de energia elétrica no Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3ª. Edição. Brasília : Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689) . Acesso em 14 fev. 2009.

**Banho Econômico**. Disponível em: <http://www.banhoeconomico.com.br/hist1.htm>. Acesso em 11 abr. 2008.

Regulamento de Instalações Prediais GÁS – RIP – **COMGÁS** - Versão: 00. 2006.

RÍSPOLI, I. A. G. **Estudo do aproveitamento da energia solar para aquecimento de água em edificações unifamiliares de baixa renda**. 2001. 234 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

ROMÉRO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. **Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC (Coleção Habitare). 2003. 294 p.

ROCA M. B. Sistema hidráulico flexível em polietileno reticulado-Pex. In: Seminário de soluções tecnológicas integradas. 2004. p.52-56.

**FONTES CONSULTADAS**

BELLEZA, S. Legionela: detecção e combate ainda são desafios no Brasil. **Hydro**, São Paulo, ano II, n°12, p.34-39, 2007.

FARINA, H. Alternativas para sistemas prediais de abastecimento de água. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°28, p.54-58, 2009.

FIGUEROLA, V. Projeto sustentável. **Téchne**, São Paulo, ano 16, n°133, p.44-52, 2008.

JOHN, V. M. Sustentabilidade em construção. **Docol magazine**, São Paulo, ano 2, edição 5, p.18-23, 2009.

KILB, B. Como evitar problemas com legionela. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°22, p.56-61, 2008.

NASCIMENTO, A. Compatibilização de projetos é o segredo para um sistema hidráulico eficiente. **Sistemas Prediais**, São Paulo, ano III, edição 14, p.10-15, 2009.

SCHEE, W. V. D. Prevenção de legionela em sistemas de água coletivos. **Hydro**, São Paulo, ano II, n°15, p.18-23, 2008.

SCHOTT, P. Funcionamento e montagem de redutores de pressão. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°21, p.62-64, 2008.

TETTAMANTI, M. Sistemas elétricos auto-reguladores de temperatura. **Hydro**, São Paulo, ano I, n°4, p.20-22, 2007.

VERLAG, S. Sistema de carga do reservatório de água quente para combater legionela. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°26, p.20-25, 2008.

WOLLGARDT, D. Prevenção e combate da contaminação por legionela em sistemas de água potável. **Hydro**, São Paulo, ano III, n°27, p.16-20, 2009.

WOOLF, D.; PAU, I.; SHOULER, M. Aumento de desempenho de chuveiros com baixa vazão. **Hydro**, São Paulo, ano I, n°7, p.22-29, 2007.

## CATÁLOGOS TÉCNICOS

Amanco Brasil S.A. **Manual técnico - Tubossistemas Amanco PPR para condução de água quente.** Joinville, SC. ed. maio 2004. 62 p.

Astra S/A Indústria e Comércio. **Catálogo técnico: sistema de tubulação flexível de polietileno reticulado (PEX) para água quente e fria.** Jundiaí, SP. ed. agosto 2003. 62 p.

Duratex S.A. **Catálogo de produtos Deca.** Jundiaí, SP. ed. abril 2008. 272 p.

ELUMA S.A. Indústria e Comércio. **Guia prático para instalações em cobre.** Santo André, SP. ed. janeiro 2007. 28 p.

Grupo Dema do Brasil. **Manual técnico AcquaSystem Termofusão.** 5ª. edição resumida. São Paulo, SP, 2008, 52 p.

Robert Bosch Limitada. **Linha de Produtos Bosch Termotécnica 2007.** São Paulo, SP, 2007, 24 p.

Tigre S/A-Tubos e Conexões. **Manual técnico Aquatherm.** Joinville, SC. ed. outubro 2007. 38 p.

## APÊNDICE A – Formulários para avaliação dos requisitos e critérios de desempenho no SPAQ

Os formulários foram elaborados a partir da relação de requisitos e critérios de desempenho para o SPAQ desenvolvida no item 4.1 desta dissertação. Estão divididos em função das exigências do usuário e deverão ser utilizados em pesquisas de campo, para a avaliação do desempenho no SPAQ.

No levantamento dos dados haverá sempre a necessidade de uma análise prévia do sistema a ser avaliado, pois nem todos os requisitos podem ser constatados e nem todos os critérios podem ser mensuráveis. Os campos achurados com a cor cinza representam estas situações.

Para auxiliar os trabalhos de levantamento de dados criou-se uma legenda de cores, relacionadas com os agentes a serem consultados ou a forma com que esses dados podem ser obtidos (Figura A.1).

Baseado nos requisitos ou critérios a serem verificados juntos aos moradores/usuários elaborou-se um questionário específico contendo 21 perguntas (Apêndice 2).

	VISTORIA / LEVANTAMENTO NO LOCAL
	MORADOR / USUÁRIO (VER QUESTIONÁRIO ESPECÍFICO)
	OBSERVAÇÃO / LEVANTAMENTO EM PROJETO
	ENCARREGADO / TÉCNICO EM MANUTENÇÃO
	GERENTE DO CONDOMÍNIO / ZELADOR
	FABRICANTE / FORNECEDOR / CATÁLOGO
	NÃO POSSÍVEL DE SER AFERIDO APÓS TÉRMINO DA EXECUÇÃO / ENTREGA DO PRÉDIO
	REQUISITO EM QUE A VERIFICAÇÃO É FEITA SOMENTE ATRAVÉS DOS CRITÉRIOS

**Figura A.1** – Legenda para identificação do agente/local a ser consultado

A seguir, são apresentados os formulários:

## FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

### LEGENDA PARA IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE/LOCAL A SER CONSULTADO:

	VISTORIA / LEVANTAMENTO NO LOCAL
	MORADOR / USUÁRIO (VER QUESTIONÁRIO ESPECÍFICO)
	OBSERVAÇÃO / LEVANTAMENTO EM PROJETO
	ENCARREGADO / TÉCNICO EM MANUTENÇÃO
	GERENTE DO CONDOMÍNIO / ZELADOR
	FABRICANTE / FORNECEDOR / CATÁLOGO
	NÃO POSSÍVEL DE SER AFERIDO APÓS TÉRMINO DA EXECUÇÃO / ENTREGA DO PRÉDIO
	REQUISITO EM QUE A VERIFICAÇÃO É FEITA SOMENTE ATRAVÉS DOS CRITÉRIOS

**EDIFÍCIO:**

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO		
				SIM	NÃO	SIM	NÃO	
<b>SEGURANÇA ESTRUTURAL</b>	<p>As tubulações devem manter sua integridade quando submetidas à ações estáticas, dinâmicas, individuais e combinadas.</p> <p>As tubulações embutidas não devem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo.</p> <p>O espaçamento entre suportes, ancoragens ou apoios deve ser adequado, de modo a garantir níveis de deformação compatíveis com os materiais empregados.</p> <p>As tubulações e acessórios não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas às pressões de serviço.</p> <p>As tubulações aparentes deverão resistir à impactos ou ações acidentais, sem sofrerem a perda de funcionalidade ou ruína.</p>	<p>Verificar em projeto, nos pontos de transição entre elementos (parede x piso, parede x pilar, e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transmissão de esforços para a tubulação.</p>						
		<p>Verificar com o encarregado/executor, a forma de execução para atendimento dos requisitos.</p>						
		<p>Os fixadores ou suportes das tubulações suspensas, aparentes ou não, assim como as próprias tubulações, devem resistir, sem entrar em colapso, a cinco vezes o peso próprio cheias d'água, quando estiverem fixas no teto ou em outros elementos estruturais, bem como não apresentar deformações que excedam 0,5 % do vão.</p>						
	<p>As tubulações devem ser fixadas adequadamente para não transmitirem vibrações.</p>	<p>Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.</p>						
		<p>Sobrepresão máxima devido a transientes hidráulicos, não deve ser superior a 200 kPa.</p>						
		<p>Velocidade da água no sub-sistema de recalque deve ser inferior a 10m/s.</p>						
	<p>As tubulações e acessórios nos SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.</p> <p>Os pontos de fixação deverão estar espaçados adequadamente para que as tubulações não sofram deformações permanentes devido ao uso.</p>							
		<p>Seguir os critérios de distribuição dos dispositivos de fixação (luva guia e luva ponto fixo) e dispositivos para absorção de dilatação, específicos para cada material.</p>						

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
SEGURANÇA NO USO E OPERAÇÃO	Os componentes dos SPAQ não devem provocar choques elétricos.	As tubulações, aquecedores elétricos e acessórios devem ser direta ou indiretamente aterrados, com corrente de fuga limitada em 15mA.					
	As tubulações, equipamentos e acessórios não deverão transmitir calor irritante ou queima no usuário.	Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura da capa não pode exceder 60°C.					
	Os aquecedores devem ser dotados de dispositivo automático que controle a máxima temperatura admissível da água com dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia em caso de supraaquecimento.	Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa, próxima a estes, não pode exceder 50°C.					
		A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.					
	Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.	Na saída da água quente do aquecedor deve ser instalada uma válvula de segurança de temperatura.					
	Os aquecedores de acumulação devem ser providos de dispositivo de alívio no caso de sobrepressão.						
	O suprimento de água fria e quente deverão ser integrados, de forma a não ocorrer a diminuição de água fria e queimar o usuário.	A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida para uso humano passar de 40°C no ponto de utilização.					
	A tubulação de gás combustível deverá ser projetada e executada visando a proteção da tubulação e ocorrências de vazamento.	O sistema predial de gás combustível, que abastece os equipamentos para aquecimento de água, deve seguir os critérios especificados na <b>NBR 15526 (ABNT, 2007)</b> .					
	Os ambientes em que se localizam aquecedores que utilizam gás combustível devem ser adequados para receber o equipamento.	A adequação do ambiente/local em que se encontra o aquecedor deve estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .					
	Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera.	As chaminés de exaustão dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a <b>NBR 13103 (ABNT, 2007)</b> .					
As peças de utilização e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas.							

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS		CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
					SIM	NÃO	SIM	NÃO
ESTANQUEIDADE	[REDACTED]	As tubulações, equipamentos e peças de utilização não devem apresentar vazamentos quando submetidos à pressão estática máxima ou transientes hidráulicos.	Em condições estáticas, a pressão da água em qualquer ponto de utilização nos SPAQ não deve ser superior a 400 kPa.					
			Sobrepressão máxima admitida devido a transientes hidráulicos não deve ser superior a 200 kPa.					
			A verificação da estanqueidade deverá ser feita com água quente a 80°C, com pressão hidrostática interna de 1,5 vezes o valor da máxima pressão estática de serviço.					
			Em nenhum caso devem apresentar vazamento quando submetidas a pressões inferiores a 100 kPa.					
DESEMPENHO ACÚSTICO	[REDACTED]	As tubulações, equipamentos e demais componentes sujeitos aos esforços dinâmicos devem ser projetados para que não propaguem vibrações aos elementos das edificações.	A velocidade de escoamento da água nas tubulações dos sistemas prediais de água fria e água quente, não deve ser superior a 3,0m/s.					
		Nos locais onde o nível de ruído possa perturbar o repouso ou o desenvolvimento das atividades normais, a velocidade da água deve ser limitada a valores compatíveis com o isolamento acústico.						
		Componentes que produzam altos níveis de ruído (bombas, aquecedores centrais, etc.) deverão se situar em ambientes adequadamente protegidos contra a transmissão do som.						

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE	Os componentes utilizados nos SPAQ devem resistir às características físico-químicas da água (pH, dureza, etc.).	As características físico-químicas da água deverão estar em acordo com a Portaria 518/2008, do Ministério da Saúde. (No sistema de distribuição manter o pH da água na faixa de 6,0 a 9,5). Para o cobre, o pH deve estar em torno e/ou acima de 7,5.					
	As tubulações deverão ser devidamente protegidas contra a ação de ambientes agressivos e contra a ação do tempo.	Os elementos, componentes e instalações dos sistemas prediais de água quente devem apresentar durabilidade compatível com a vida útil de projeto (VUP ≥ 20 anos).					
	Os tubos e conexões de materiais sintéticos devem ser protegidos contra a ação da radiação solar.						
	As tubulações e os componentes dos SPAQ devem ter fácil acesso para inspeção e manutenção.	Fornecer ao usuário manual contendo as informações referentes ao uso, operação, inspeção e manutenção periódica dos SPAQ, em conformidade com a NBR 5626 (ABNT, 2008) e NBR 14037 (ABNT, 1998).					
	Os elementos de dilatação (liras ou juntas de expansão) devem ser instalados em locais de fácil acesso (shafts visitáveis/forros com inspeção), livres e desobstruídos.						
	Qualquer suporte de fixação das tubulações deve estar em bom estado.	A instalação deve ser, em princípio, inspecionada pelo menos uma vez ao ano.					
	Os aquecedores de água devem estar instalados em locais com facilidade para inspeções e manutenções periódicas.	Recomenda-se inspeções, dos espaços para tubulações em intervalos não superiores a seis meses.					
		Verificação periódica do pré-filtro do aquecedor de passagem, para o surgimento de resíduos sólidos.					
		Verificação periódica do estado da chama do aquecedor. A chama deverá estar sempre azul.					
		Verificação das condições e da carga de pilhas ou baterias.					

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR	Os componentes do sistema devem preservar a potabilidade da água.						
	Nenhuma tubulação deve ser enterrada em solos contaminados nem passar dentro de componentes dos SPES (p.ex. caixas de inspeção).						
	O SPAF que abastece o SPAQ deverá ser separado fisicamente de qualquer outro sistema que conduza água não potável.						
	Não deverá haver refluxo de água já utilizada para dentro do sistema.						
	Todo componente aparente do sistema deve ser fabricado de material lavável e impermeável de forma a evitar impregnação de sujeira, desenvolvimento de bactérias ou atividades biológicas em sua superfície.						
	Deve ser evitado que gases gerados pelos aquecedores permaneçam nos ambientes da edificação.	Os ambientes destinados à instalação dos aquecedores a gás combustível devem estar em conformidade com a NBR 13103 (ABNT, 2007) .					
	Deve ser assegurada a ventilação permanente dos ambientes onde os aquecedores estão instalados.						

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE	Os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água.	A temperatura da água deverá ser, no máximo, de 70°C.					
		Checar "in-loco" a existência do dispositivo de controle de temperatura.					
		Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar incremento da temperatura da água conforme estabelece a NBR 15575-6 (ABNT, 2008).					
		A instalação de misturadores é obrigatória se houver a possibilidade da água fornecida no ponto de utilização, para uso humano ultrapassar 40°C.					
		Os SPAF e SPAQ devem fornecer água de forma contínua em pressões balanceadas, compatível com o uso de misturador.					
		O ramal de alimentação do aquecedor não deve derivar de coluna de alimentação de válvulas de descarga.					
	Os dispositivos de controle com misturador devem permitir o ajuste na temperatura da água, de forma a propiciar o nível de conforto adequado.	Em condições dinâmicas, a pressão de água nos pontos de utilização não deve ser inferior a 10 kPa.					
		Os SPAQ devem fornecer água quente na pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização.	Verificar com morador o nível de conforto durante o banho.				
		As tubulações do sistema devem ser de material resistente à temperatura máxima admissível.	Deve ser permitida tubulação única desde que não alimente válvulas de descarga, para alimentação de aquecedores e pontos de água fria, contanto que seja impossibilitado o retorno de água quente para a tubulação de água fria.				
		Os aquecedores de acumulação privados, devem funcionar de forma adequada.	O ramal de alimentação de água fria deve ser executado de modo a não permitir o esvaziamento do aquecedor, a não ser pelo dreno.				
			A saída da tubulação de água quente deve ser provida de respiro e, quando não viável, deve ser substituído por dispositivo de idêntico desempenho.				
		Quando o aquecedor não for protegido por respiro, não deverá ser instalada válvula de retenção no ramal de alimentação de água fria, quando for por gravidade.					
Em edifícios de diversos pavimentos com aquecimento central coletivo, a coluna de distribuição de água quente deve ser ventilada.							
As tubulações e acessórios nos SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.	Caso exista dispositivo de recirculação na linha de retorno, deverá ser instalado antes da válvula de retenção						
	A tubulação de alimentação de água fria e distribuição de água quente deverão ser de material resistente à 120°C.						
Os aquecedores de água, acessórios e válvulas de controle de vazão devem estar instalados em locais com espaços que permitam fácil acesso, inspeção e manutenção.	Seguir as recomendações específicas de cada fabricante.						

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
CONFORTO TÁTIL E ANTHROPODINÂMICO	<p>As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque de acionamento de acordo com as normas de especificação de cada produto, além de serem isentos de rebarbas, asperezas, ou ressaltos que possam causar ferimentos.</p>						
	<p>As alturas dos equipamentos de aquecimento e dispositivos de controle devem ser adequadas ao uso.</p>						
	<p>O aquecedor, dispositivos de controle e demais componentes que são manipulados pelos usuários não devem ter temperatura irritante ou que provoque queimaduras.</p>	<p>Com o aquecedor operando com potência nominal, a temperatura na capa não pode exceder 60°C.</p>					
		<p>Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura dos dispositivos de controle e da região da capa e próxima a estes, não pode exceder 50°C.</p>					

EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	VALOR MEDIDO	ATENDE REQUISITO		ATENDE CRITÉRIO	
				SIM	NÃO	SIM	NÃO
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	<p>O sistema deverá ser projetado de modo a tornar mais eficiente o uso de água, reduzindo a demanda da rede pública.</p> <p>Controle de vazão de água em sistemas com pressão hidráulica excessiva nos pontos de utilização.</p>	Recomenda-se que as peças de utilização possuam vazão em conformidade com o prescrito em <b>NBR 15575-6 (ABNT, 2008)</b> .					
		Para pressões superiores à 100 kPa, recomenda-se a instalação de arejadores para torneiras e restritores de vazão para duchas. Verificar a existência de arejador/restritor de vazão.					
	<p>O SPAQ deverá ser projetado de modo a racionalizar o uso de energia.</p> <p>O sistema de aquecimento deve fornecer água a temperatura adequada ao uso e funcionamento, de forma a economizar energia.</p> <p>Os tubos e conexões, quando necessário, devem ter isolamento térmico de forma a minimizar a perda térmica e economizar energia.</p>	Verificar se os equipamentos estão etiquetados com selo de eficiência energética (Conpet / Procel), conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO.					
		A temperatura da água deverá ser no máximo de 70°C.					
		Cobre: isolamento térmico em qualquer situação de uso.					
		CPVC (policloreto de vinila clorado): recomenda-se o isolamento quando as distâncias entre o aquecedor e o ponto de consumo forem maiores que 20 metros ao ar livre, ou em situações em que perda térmica possa ser mais significativa.					
		PPR (polipropileno copolímero random-tipo3): recomenda-se o isolamento em situações em que perda térmica possa ser mais significativa (grandes consumos de fluxo de água quente em trechos longos de tubulação).					
	<p>Os equipamentos para aquecimento de água devem proporcionar conforto compatível com o consumo de energia e com a disponibilidade de recursos financeiros do usuário.</p> <p>O isolamento térmico das tubulações deve ser eficiente, a fim de diminuir as perdas térmicas e o consumo de energia na recirculação.</p>	Verificar com o morador/usuário, o grau de satisfação em relação ao gasto com energia.					
		Na adoção de sistemas de aquecimento com recirculação de água, deverá ser previsto o uso de dispositivos para controle da recirculação e controle do consumo de energia.					

## APÊNDICE B – Questionários de entrevistas com moradores

Trata-se de pesquisa qualitativa sobre os SPAQ, visando a obtenção de dados para avaliação dos requisitos e critérios de desempenho, de acordo com a visão dos usuários dos edifícios pesquisados. O questionário possui questões gerais e questões qualitativas sobre os SPAQ. Com as respostas dos moradores, pretende-se avaliar o grau de atendimento a algumas das exigências do usuário. Foi distribuído 1 questionário por apartamento. A entrega foi feita pelo zelador de cada edifício precedido de explicação dos motivos e da importância na participação. A adesão à pesquisa foi feita de forma voluntária e os questionários preenchidos foram devolvidos para os respectivos zeladores.

As questões 1 a 4 visam a obtenção de informações sobre o grau de conhecimento dos usuários em relação ao sistema de aquecimento do apartamento.

As questões 5 a 15 visam saber a opinião do próprio usuário quanto ao atendimento de alguns requisitos e critérios específicos.

As questões 16 a 21 visam a obtenção de informações referentes ao grau de satisfação do usuário em relação aos SPAQ.

---

### PESQUISA PARA DOS USUÁRIOS EM RELAÇÃO AOS SPAQ.

**Identificação:**

**DATA:Junho/2009**

**Edifício:** \_\_\_\_\_ – \_\_\_\_\_/S.P.

**Apto N°** \_\_\_\_\_

**No. de moradores** \_\_\_\_\_ **No. de funcionário que moram no apto** \_\_\_\_\_

1. Tipo do Sistema de Aquecimento: ( )Elétrico ( )Passagem à gás ( )Acumulação à gás

2. Marca/Modelo: \_\_\_\_\_

3. Localização: \_\_\_\_\_

4. Nos banheiros, quais pontos utilizam água quente:

Local 1: \_\_\_\_\_ ( )ducha ( )lavatório ( )bidê ( ) \_\_\_\_\_

Local 2: \_\_\_\_\_ ( )ducha ( )lavatório ( )bidê ( ) \_\_\_\_\_

Local 3: \_\_\_\_\_ ( )ducha ( )lavatório ( )bidê ( ) \_\_\_\_\_

Local 4: \_\_\_\_\_ ( )ducha ( )lavatório ( )bidê ( ) \_\_\_\_\_

5. Regime de utilização (para aquecedores de acumulação):
- 5.1. Costuma desligar o aquecedor durante períodos de tempo? ( )sim ( )não
6. Em caso afirmativo, em quais períodos (normalmente)? ( )manhã ( )tarde ( )noite
- 6.1. Controle de funcionamento. ( )automatizado ( )manual
7. Consegue ajustar a temperatura da água conforme o nível de conforto desejado?  
( )sim ( )não Por quê? \_\_\_\_\_
8. Ocorre variação de temperatura da água durante o banho? ( )sim ( )não
- 8.1. Em qual situação? \_\_\_\_\_  
( ) abertura de ponto no mesmo ambiente Qual: \_\_\_\_\_  
( ) abertura de ponto em outro ambiente
9. No uso normal, já levou choque elétrico (no chuveiro do apartamento)? ( )sim ( ) não
10. O aquecedor ou acessórios possui cantos vivos? Já se cortou? ( )sim ( ) não
11. Na operação normal, já se queimou após contato com registro ou com o aquecedor?  
( )sim ( ) não Qual: ( ) registro ( )aquecedor ( )outros: \_\_\_\_\_
12. O aquecedor provoca ruído que incomoda nas atividades normais? ( )sim ( ) não
13. Recebeu manual de orientação no uso, operação e inspeção do aquecedor? ( )sim ( ) não
- 13.1. Grau de dificuldade na regulação do aquecedor. ( )fácil ( )médio ( )difícil
- 13.2. Frequência na verificação do pré-filtro do aquecedor de passagem.  
( )semanal ( )mensal ( )semestral ( )anual ( )nunca ( )quando necessário
- 13.3. Frequência na verificação da chama do aquecedor de passagem.  
( )semanal ( )mensal ( )semestral ( )anual ( )nunca ( )quando necessário
- 13.4. Frequência na verificação da pilha do aquecedor de passagem.  
( )semanal ( )mensal ( )semestral ( )anual ( )nunca ( )ligado na eletricidade
14. As alturas de instalação do aquecedor/dispositivos de controle estão adequadas ao uso?  
( )sim ( ) não Por quê? \_\_\_\_\_
15. O aquecedor está instalado em local adequado?  
( )sim ( ) não Por quê? \_\_\_\_\_
16. Na concepção dos SPAQ, o que deve ser priorizado?  
( ) sustentabilidade do sistema/economia ( ) conforto do usuário
17. As vazões das duchas estão adequadas ao uso?  
( )sim ( ) não Por quê? \_\_\_\_\_
18. As duchas foram instaladas com restritores de vazão?  
( )sim ( ) não Por quê? \_\_\_\_\_
19. Grau de satisfação em relação ao gasto mensal com energia para aquecimento de água.  
( ) muito satisfeito ( )satisfeito ( )pouco satisfeito ( )insatisfeito  
Por quê? \_\_\_\_\_
20. Grau de satisfação em relação ao sistema de aquecimento.  
( ) muito satisfeito ( )satisfeito ( )pouco satisfeito ( )insatisfeito  
Por quê? \_\_\_\_\_
21. Acha necessário algum treinamento/palestra para esclarecimento de dúvidas sobre o uso do sistema?  
( )sim ( ) não Por quê? \_\_\_\_\_

### APÊNDICE C – Caracterização do SPAQ no edifício A

O edifício é composto de 02 subsolos, pavimento térreo, 23 andares tipo, duplex, ático e cobertura (Figura C.1). Tem um total de 96 apartamentos, sendo 04 apartamentos por andar, com área total construída de 23.757,90 m<sup>2</sup>. No momento da aplicação da pesquisa o índice de ocupação era de 88,54%, com 85 apartamentos ocupados e 11 vazios.



**Figura C.1** – Perspectiva artística do edifício A

Para que a pressão da água no ponto de utilização se mantenha dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998), o subsistema de suprimento de água foi dividido em três sistemas de pressão: sistema alto (do duplex ao 15º andar), alimentado diretamente pelo reservatório superior; sistema intermediário (do 4º ao 14º andar) e sistema baixo (do pavimento térreo ao 3º andar), alimentados por redes independentes que passam por estações reductoras de pressão, localizadas no pavimento térreo.

Inaugurado em setembro de 2006, foi projetado para usar GLP como principal fonte energética do SPAQ, já com a medição individualizada de gás instalada e funcionando. Os medidores utilizados são do modelo LAO 1.6, que medem o gás a vazões que podem variar de 0,016 até 2,5m<sup>3</sup>/h.

A partir de dezembro de 2007, o condomínio optou pela conversão para uso de GN o que implicou na necessidade de regulagem dos queimadores dos aquecedores.

As exigências de segurança no uso e operação foram analisadas e dentro dos critérios de adequação de ambiente, houve a necessidade de adequação do abrigo de medidores localizados no hall dos pavimentos, para atender a exigência de ventilação permanente direta com o "exterior" da edificação. Foi instalado um tubo de diâmetro 4", interligando todos abrigos e com saída acima da laje da cobertura.

O edifício foi entregue pela construtora com pré-disposição para implantação do sistema de medição individualizada de água. Além do caminhamento da tubulação derivando de coluna única, no projeto foi previsto um local específico para a instalação dos hidrômetros.

Após 6 meses de inauguração o condomínio optou pela instalação dos hidrômetros, permitindo também que fosse realizada a medição individualizada de água.

Os medidores de água e de gás estão localizados nos halls de serviço de cada pavimento.

O sistema de aquecimento do edifício é do tipo central privado, composto por um aquecedor de passagem, localizado na área de serviço.

Para este empreendimento, está previsto o fornecimento de água quente para 2 duchas nos banheiros sociais. Na instalação das duchas, o usuário deve também instalar dispositivo que assegure vazão máxima de 8,0 litros/minuto, recomendação feita no manual do proprietário.

O aquecedor tem as seguintes especificações técnicas: fabricante Rinnai, modelo Infinity-Reu-156br, com potência de 26.645Kcal/h, consumo de 1,50kg/h (GLP) e 2,46m<sup>3</sup>/h (GN), vazão entre 15 a 18 litros/minuto (no misturador) para  $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$  (Figura C.2).



**Figura C.2** – Aquecedor de passagem instalado na área de serviço

O manual do proprietário orienta que para este modelo de aquecedor, após 40 minutos de uso ocorre o desligamento automático. Neste caso, a ducha deve ser fechada totalmente e depois aberta, para que o aquecedor volte a funcionar.

No projeto dos SPHS a especificação original das tubulações para condução de água quente foi em cobre (classe E).

Na época houve ocorrências em edifícios localizados na mesma região com resultados de análise da água fornecida pela concessionária constatando a existência de características

corrosivas ao cobre e demais materiais metálicos. A partir dessa época, o condomínio fez contrato com uma empresa que ficou responsável pelo acompanhamento técnico em tratamento da água no reservatório inferior, seguindo recomendação do fabricante e assegurando o pH em torno de 7,5.

Ainda assim, em função das exigências de durabilidade e manutenibilidade do sistema, a construtora optou por substituir os tubos e conexões de cobre por PPR.

Com a autorização do projetista, o fabricante fez a conversão para os diâmetros equivalentes do cobre (classe E), com isolamento térmico de polietileno expandido, para o PPR (PN-25), sem isolamento.

A construtora tem como premissa de projeto, que as distribuições de água fria e água quente, devam alimentar cada banheiro, descendo pela parede do shaft não visitável, localizado atrás da ducha e onde deverá ser previsto um registro geral para cada sub-sistema.

Os ramais devem ser distribuídos, pelo forro do andar inferior, subindo e fazendo um rasgo vertical na alvenaria, até os respectivos pontos de consumo.

A seguir, alguns detalhes e informações do projeto dos SPS do referido edifício:



## DETALHE DA LIGAÇÃO DO AQUECEDOR DE PASSAGEM

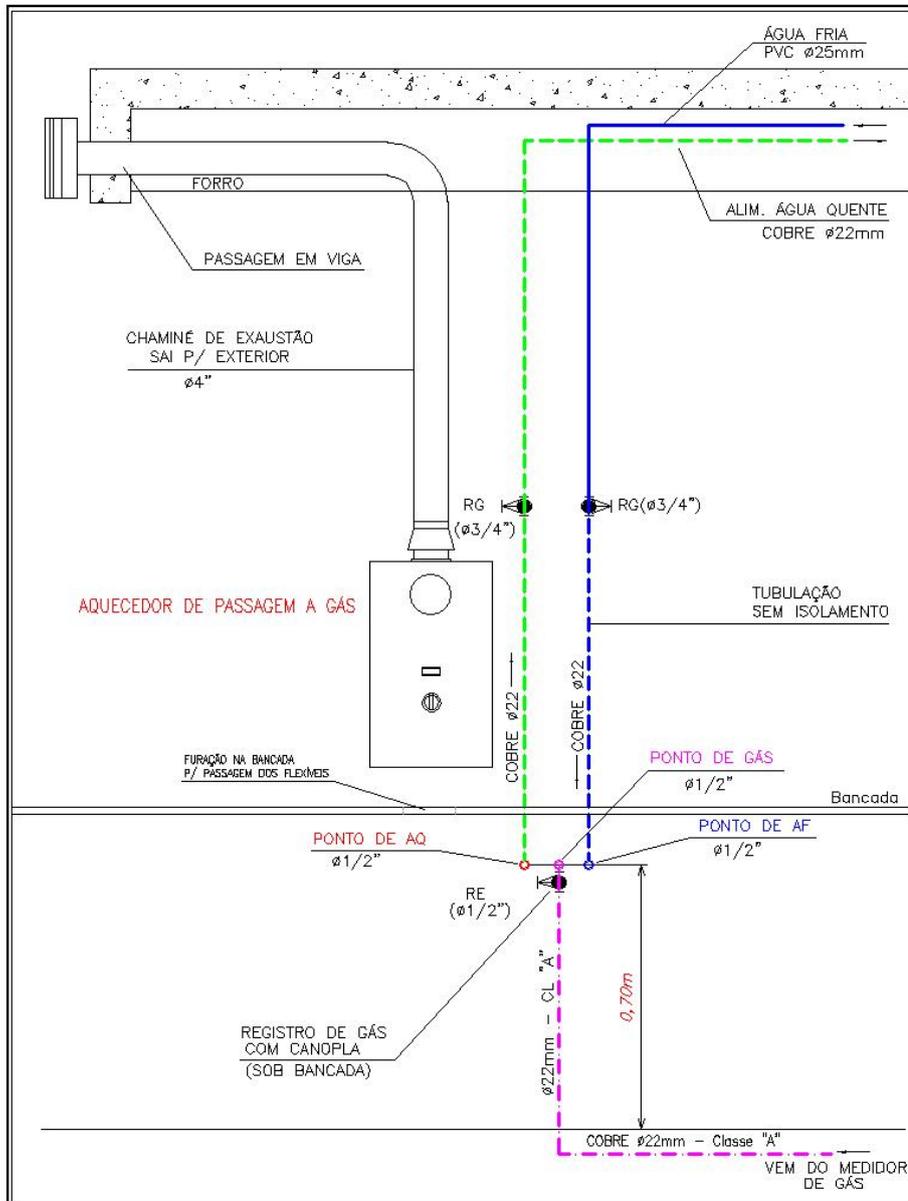
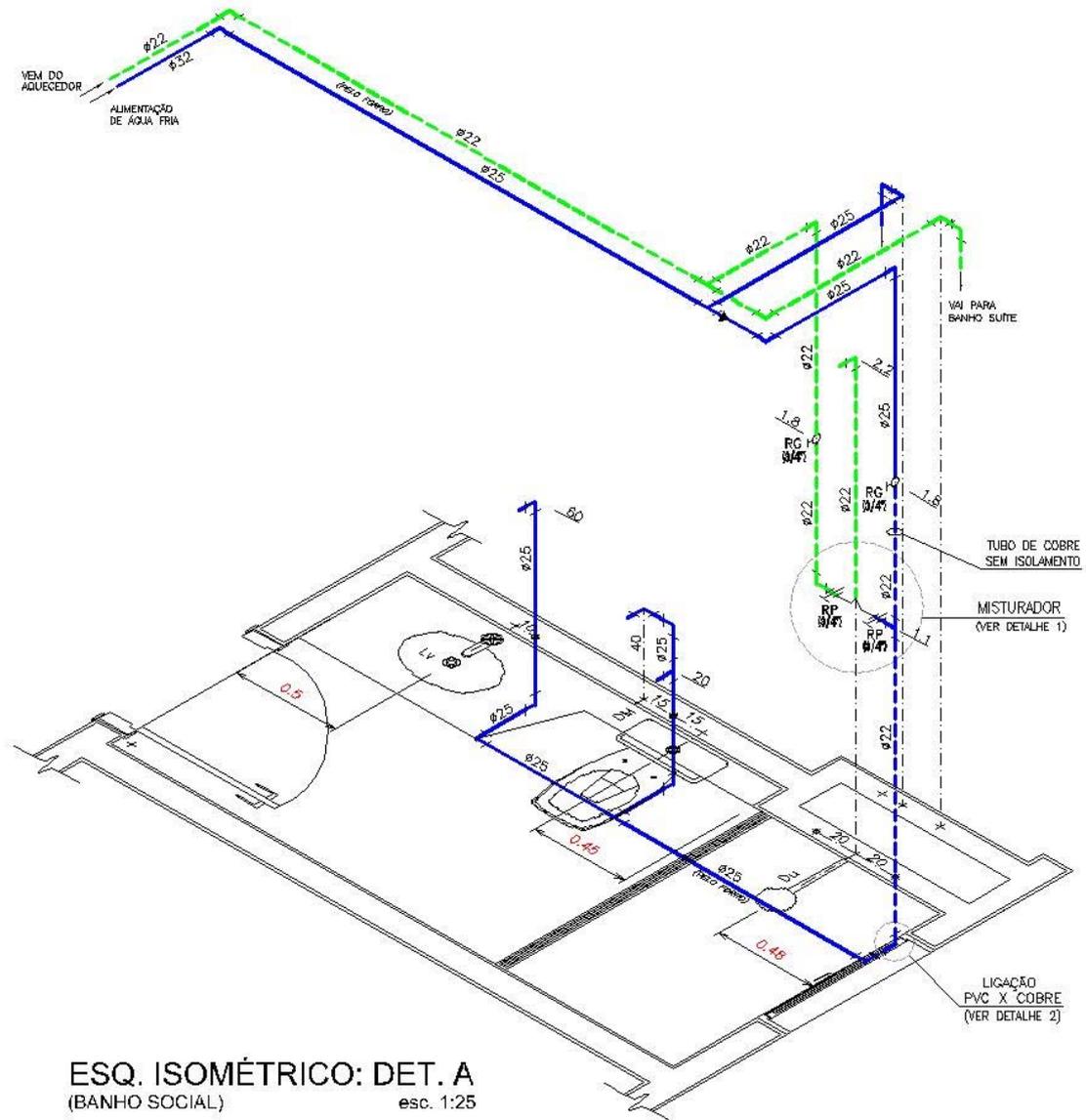


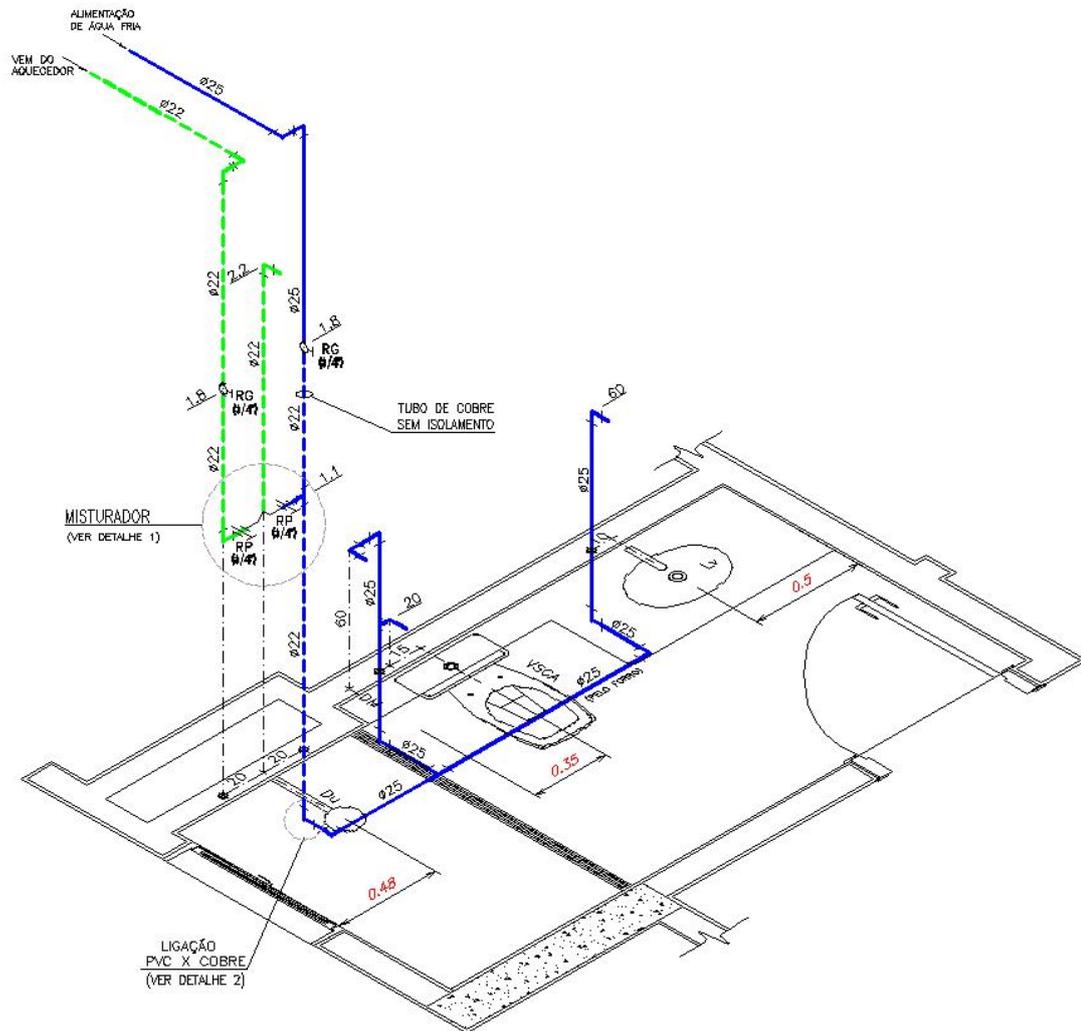
Figura C.4 – Detalhe de ligação do aquecedor de passagem





QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
10,00	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	25 mm
3,0	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	32 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
9	PC	JOELHO 90 SOLDÁVEL PVC MARROM	25 mm
1	PC	JOELHO 90 SOLDÁVEL PVC MARROM	32 mm
1	PC	TE 90 SOLDÁVEL PVC	25 mm
1	PC	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA PVC	32 x 25 mm
1	PC	TE DE REDUÇÃO 90 SOLDÁVEL PVC	32 x 25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL (ELUMAPLAST)	25 x 3/4
2	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL (ELUMAPLAST)	25 x 1/2
1	PC	TE DE REDUÇÃO AZUL (ELUMAPLAST)	25 x 1/2
12,00	PC	TUBO DE COBRE CLE	22 mm
6	PC	COTOVELO (BOLSA X BOLSA)	22 mm
2	PC	TE (BOLSA X BOLSA X BOLSA)	22 mm
6	PC	CONECTOR (BOLSA X PONTA)	22 x 3/4"
1	PC	COTOVELO (BOLSA X BOLSA) COM ROSCA	22 x 3/4"
1	PC	TE DUPLA CURVA - MISTURADOR (BOLSA X BOLSA X BOLSA)	22 x 3/4" x 22
2	PC	REGISTRO DE PRESSAO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

**Figura C.6** – Esquema Isométrico do banheiro social



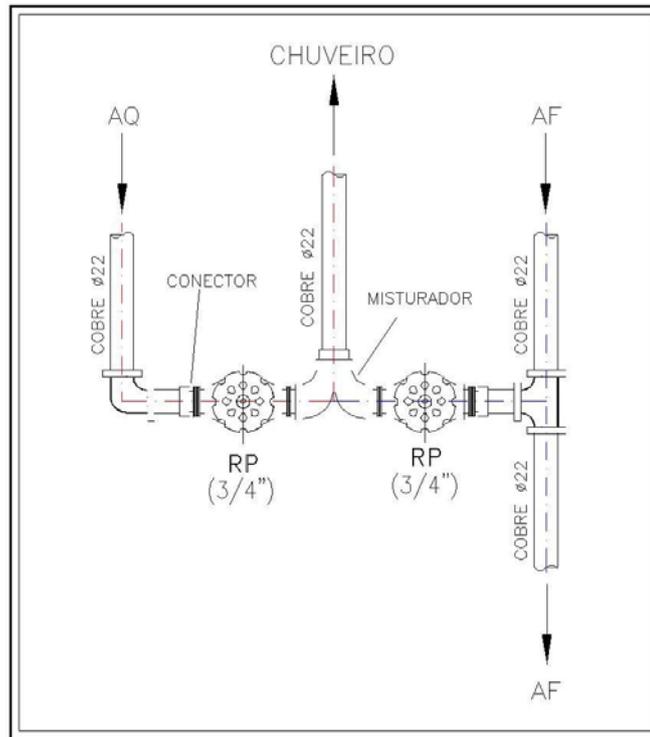
ESQ. ISOMÉTRICO: DET. B  
(BANHO SUÍTE)

esc. 1:25

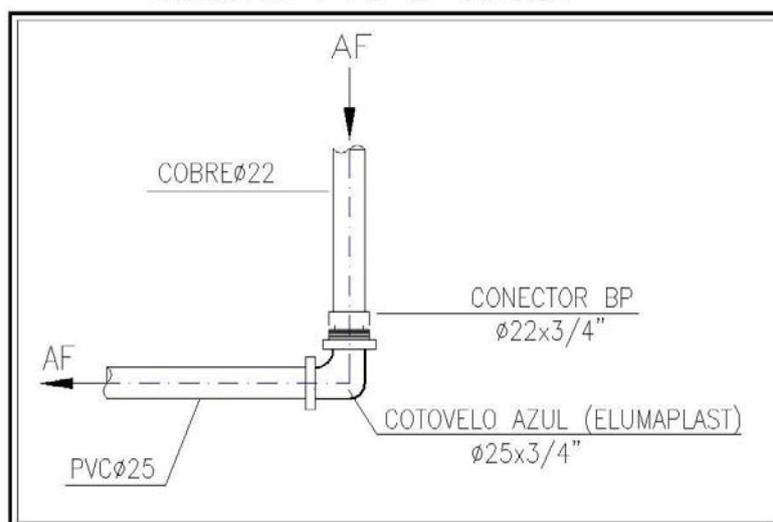
QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
6,00	M	TUBO DE PVC RÍGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
7	PC	JOELHO 90 SOLDÁVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDÁVEL PVC	25 mm
3	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL (ELUMAPLAST)	25 x 1/2
1	PC	TE DE REDUÇÃO AZUL (ELUMAPLAST)	25 x 1/2
6,00	PC	TUBO DE COBRE C/E	22 mm
3	PC	COTOVELO (BOLSA X BOLSA)	22 mm
1	PC	TE (BOLSA X BOLSA X BOLSA)	22 mm
6	PC	CONECTOR (BOLSA X PONTA)	22 x 3/4"
1	PC	COTOVELO (BOLSA X BOLSA) COM ROSCA	22 x 3/4"
1	PC	TE DUPLA CURVA - MISTURADOR (BOLSA X BOLSA X BOLSA)	22 x 3/4" x 22
2	PC	REGISTRO DE PRESSÃO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

Figura C.7 – Esquema isométrico banheiro suite

## DETALHE 1: MISTURADOR



**Figura C.8** – Detalhe do misturador

DETALHE 2:  
LIGACAO PVC x COBRE

**Figura C.9** – Detalhe de transição PVC x Cobre



**TERMO DE CONCORDÂNCIA:**

- EM VIRTUDE DE SOLICITAÇÃO DA CONSTRUTORA, A AMANCO BRASIL LTDA EFETUOU A CONVERSÃO DO MATERIAL ESPECIFICADO PARA AS INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE (COBRE), PARA UTILIZAÇÃO DE AMANCO PPR.
- ESTA CONVERSÃO, REALIZADA PELOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO E SUPORTE TÉCNICO, TEM POR FINALIDADE A ADEQUAÇÃO DO PROJETO AOS DIÂMETROS COMERCIAIS E CONEXÕES DAS LINHAS DE PRODUTO PPR (CONFORME ESPECIFICAÇÕES),
- AS CONVERSÕES DE DIÂMETROS DEVERÃO SEGUIR A TABELA DE EQUIVALÊNCIA E EXECUÇÃO DE VERÁ SEGUIR O MANUAL TÉCNICO: TUBOSISTEMAS AMANCO PPR PARA CONSUÇÃO DE ÁGUA QUENTE.

**OBS:**

- AS TUBULAÇÕES AÉREAS DEVERÃO SER FIXADAS COM "FITA";
- PREVER APOIO QUANDO HOUVER PESOS CONCENTRADOS DEVIDO À PRESENÇA DE REGISTROS;
- OS APOIOS DEVERÃO ESTAR O MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DAS MUDANÇAS DE DIREÇÃO;

**DISTÂNCIAS MÁXIMAS ENTRE APOIOS:**

DIAM.(mm)	ESPAÇAMENTO
25	1.0m
32	1.10m
40	1.30m
50	1.50m

**OBS:**

PARA O DESEMPENHO ADEQUADO DE TEMPERATURA NOS AQUECEDORES, INSTALAR DISPOSITIVO PARA CONTROLE DE VAZÃO NAS DUCHAS – 8,0LITROS/MINUTO.

TABELA DE EQUIVALÊNCIA				
MATERIAIS				Ø REF. (POLEGADAS)
Ø EXTERNO FABRICANTE				
PPR (mm)	PVC SOLDÁVEL (mm)	AO GALV. (mm)	COBRE (mm)	
20	20	21	15	1/2
25	25	27	22	3/4
32	32	34	28	1
40	40	42	35	1 1/4
50	50	48	42	1 1/2
63	60	60	54	2
75	75	76	66	2 1/2
90	85	89	79	3
---	110	114	104	4

**LEGENDA, BITOLAS E ALTURA DOS PONTOS HIDRÁULICOS**

LEGENDA	BITOLA (ÁGUA)	
	Ø (pol.)	h (metros)
Ch – CHUVEIRO	3/4	2,20
Du – DUCHA	3/4	2,20
DM – DUCHA MANUAL	1/2	0,40
Fi – FILTRO	1/2	1,30
Ly – LAVATÓRIO	1/2	0,60
Pi – PIA DE COZINHA	1/2	0,70
MLR – MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	3/4	0,95
MLL – MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	3/4	0,60
Tq – TANQUE	1/2	1,15
VSCA – VASO SANITÁRIO C/ CAIXA ACOPLADA	1/2	0,20
RE – REGISTRO DE ESFERA P/ GÁS	1/2	0,90
RG – REGISTRO DE GAVETA	3/4	1,80
RP – REGISTRO DE PRESSÃO: –Chuveiro/Ducha	3/4	1,10

h = ALTURA REFERENTE AO PISO ACABADO

**Figura C.11 – Informações técnicas de Projeto**

## APÊNDICE D – Caracterização do SPAQ no edifício B

O edifício B é composto por 1 subsolo, pavimento térreo, pavimento de lazer, 25 andares tipo, duplex, ático e cobertura (Figura D.1). Tem um total de 52 apartamentos, sendo 2 apartamentos por andar, com área total construída de 18.029,88m<sup>2</sup>. No momento da aplicação da pesquisa o índice de ocupação era de 73%, com 38 apartamentos ocupados e 14 vazios.



**Figura D.1** – Perspectiva artística do edifício B

Para que a pressão da água no ponto de utilização se mantenha dentro dos limites de estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998), o subsistema de suprimento de água foi dividido

em três sistemas de pressão: sistema alto (do duplex ao 17º andar), alimentado diretamente pelo reservatório superior, sistema intermediário (do 7º ao 16º andar) e sistema baixo (do pavimento térreo ao 6º andar), alimentados por redes independentes que passam por estações redutoras de pressão, localizadas no pavimento térreo.

Inaugurado em outubro de 2007, foi projetado para usar o GLP como principal fonte energética do SPAQ. Possui sistema de medição eletrônica de água fria, gás combustível e energia elétrica, interligados a um painel central localizado no térreo e a um painel de controle localizado na guarita, pelos quais são feitas as medições de consumo.

Os medidores são da marca ELSTER, e estão localizados no hall de serviço de cada pavimento, o de água é o modelo ML110 de 1,5m<sup>3</sup>/h, e de gás é o modelo 1.6 vazões que podem variar de 0,016 até 2,5m<sup>3</sup>/h, ambos com saída para sinal.

O sistema de aquecimento do edifício é do tipo central privado (conjugado), composto por aquecedor de passagem a gás e reservatório térmico de 150 litros (Figura D.2) , localizado em laje técnica. O sistema tem as seguintes especificações técnicas: aquecedor Bosch, modelo GWH 325, de ignição eletrônica por bateria, com potência de 19.500Kcal/h, consumo de 1,92kg/h (GLP) e 2,39m<sup>3</sup>/h (GN), vazão de 16 litros/minuto (no misturador) para  $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ ; reservatório térmico Cumulus, modelo vertical, capacidade de 150 litros; 2 bombas Wilo PB-88MA, potência 1/13cv,  $Q_{\text{máx.}}=35\text{litros/minuto}$  (2,1m<sup>3</sup>/h) e  $H_{\text{man. máxima}}=9,0\text{ m.c.a.}$  e temperatura máxima da água 60°C. A bomba principal tem a função de entre recircular a água entre o reservatório térmico e o aquecedor, mantendo a água armazenada na temperatura programada. A bomba secundária tem a função de recircular a água no anel de distribuição, mantendo assim, a água quente próxima aos pontos de consumo.



**Figura D.2** – Sistema conjugado com bomba principal (lateral) e secundária (frente)

Para este empreendimento, o aquecedor fornecerá água quente para os banheiros de 3 suítes, da seguinte forma: ducha e lavatório dos banheiros nas suítes 2 e 3; ducha, lavatório e bidê do banheiro na suíte máster.

A construtora tem como premissa de projeto, que as distribuições de água fria e água quente, devam alimentar cada banheiro, descendo pela parede do shaft não visitável, localizado atrás da ducha e onde deverá ser previsto um registro geral para cada sub-sistema.

Os ramais devem ser distribuídos, pelo forro do andar inferior, subindo e fazendo um rasgo vertical na alvenaria, até os respectivos pontos de consumo.

Na instalação das duchas, o usuário deve também instalar dispositivo que assegure vazão máxima de 8,0 litros/minuto, recomendação feita no manual do proprietário. Não está previsto o fornecimento de água quente para cozinha. Há a previsão, nesse local, de um ponto de tomada para permitir a instalação de aquecedor de passagem elétrico. Para os banheiros de serviço foi previsto a instalação de chuveiro elétrico.

No projeto dos SPHS a especificação dos tubos e conexões para condução de água quente foi de PPR (PN25).

Na época houve ocorrências em edifícios localizados na mesma região com resultados de análise da água fornecida pela concessionária constatando a existência de características corrosivas ao cobre e demais materiais metálicos. A partir desde de sua ocupação, o condomínio fez contrato com uma empresa que ficou responsável pelo acompanhamento técnico em tratamento da água no reservatório inferior, seguindo parâmetro de controle de pH em torno de 7,2 a 7,5.

A seguir, alguns detalhes e informações do projeto dos SPHS do referido edifício:



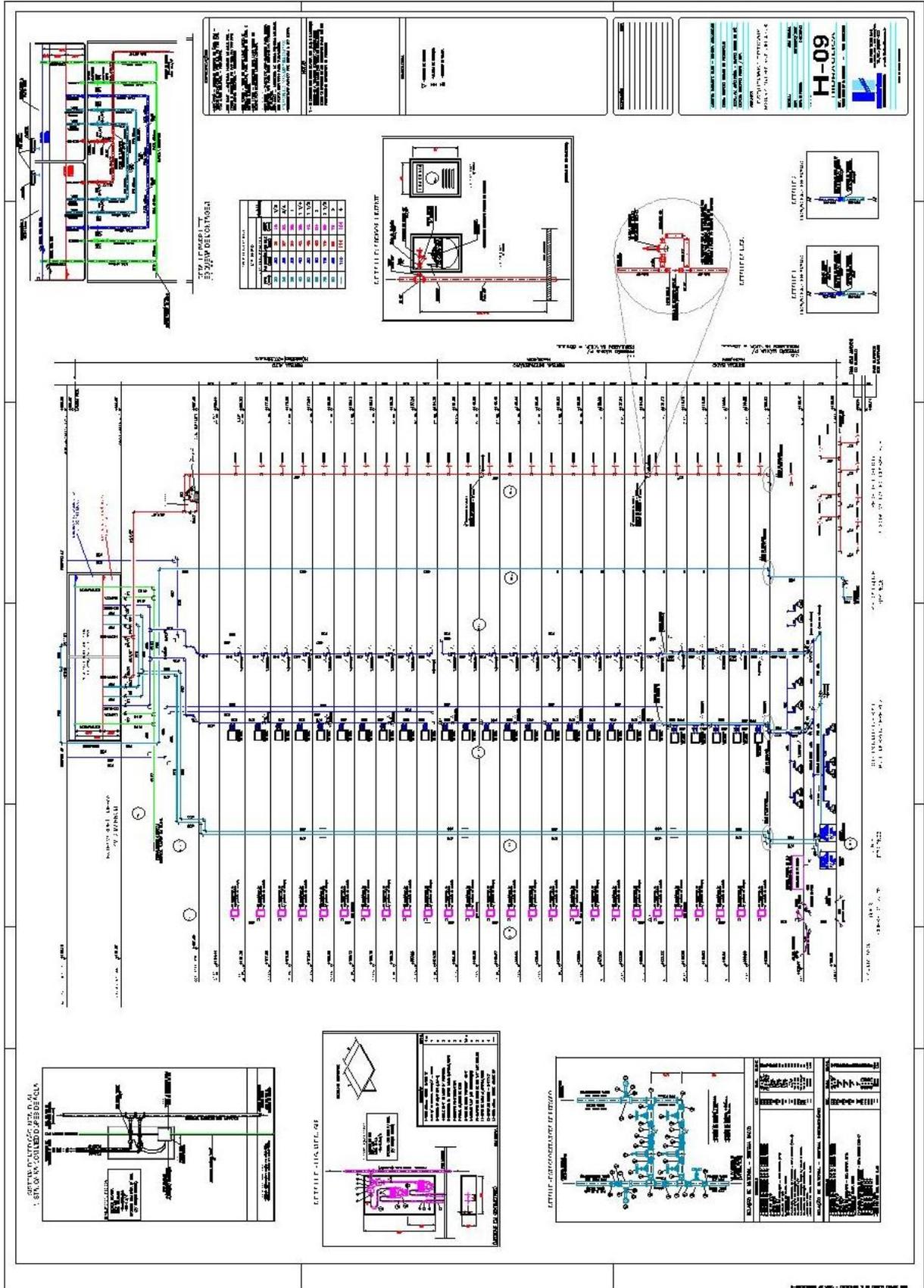
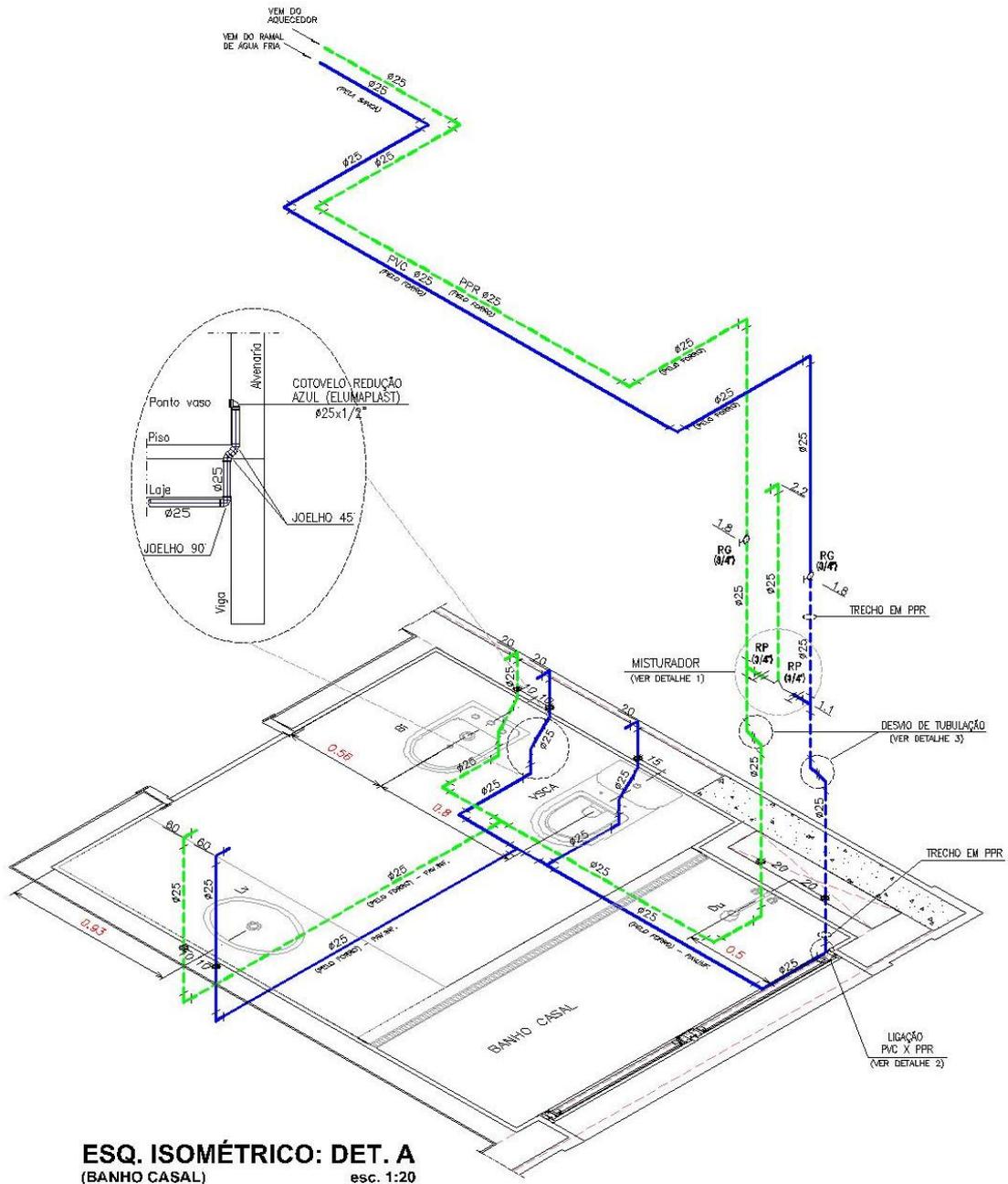
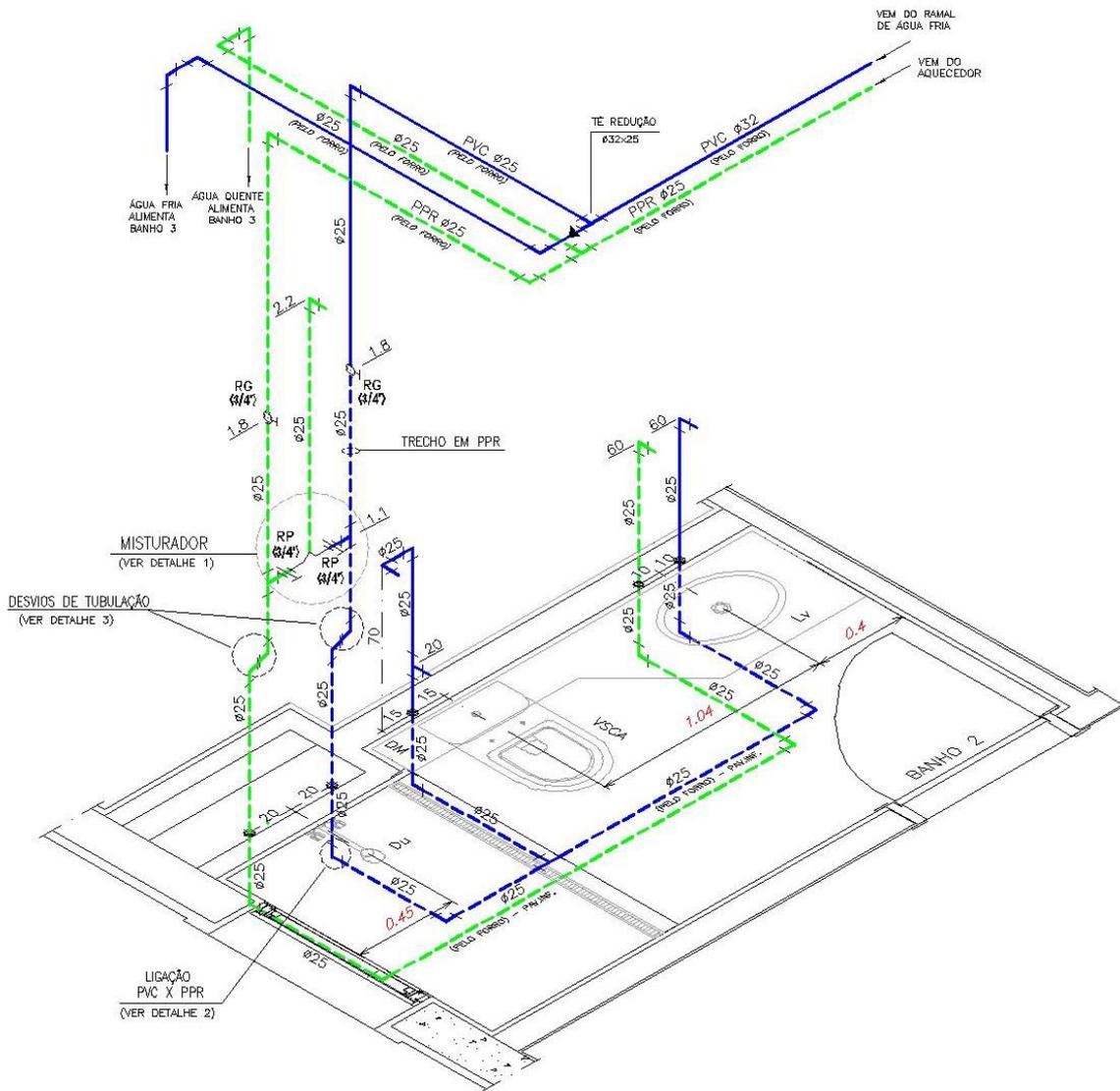


Figura D.4 – Esquemas verticais



QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
11.39	M	TUBO DE PVC RÍGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
4	PC	JOELHO 45 SOLDÁVEL PVC MARROM	25 mm
8	PC	JOELHO 90 SOLDÁVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDÁVEL PVC	25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4
3	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
14.94	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
6	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
9	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
3	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSIÇÃO F/M C/ INSERTO METÁLICO - PPR	25 x 3/4"
3	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METÁLICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METÁLICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSÃO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

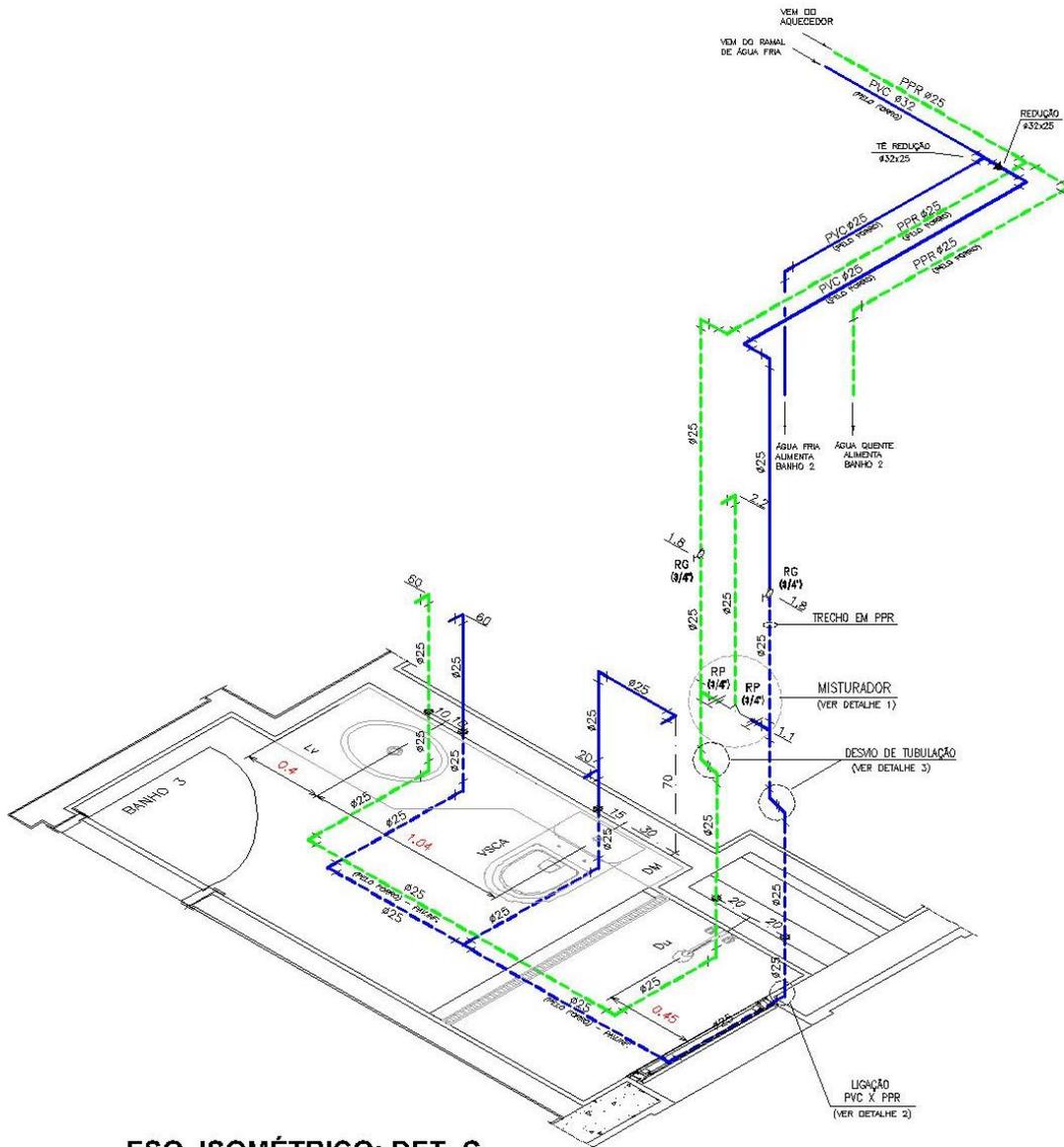
Figura D.5 – Esquema isométrico - banho suíte casal (apartamento final 1)



**ESQ. ISOMÉTRICO: DET. B**  
(BANHO 2) esc. 1:20

QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
7.29	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
6	PC	JOELHO 90 SOLDAVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDAVEL PVC	25 mm
1	PC	TE DE REDUCAO 90 SOLDAVEL PVC	32 x 25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4
2	PC	COTOVELO REDUCAO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
1	PC	TE REDUCAO CENTRAL AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
15.8	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
4	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
6	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
2	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSIÇÃO F/M C/ INSERTO METÁLICO - PPR	25 x 3/4"
2	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METÁLICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METÁLICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSAO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

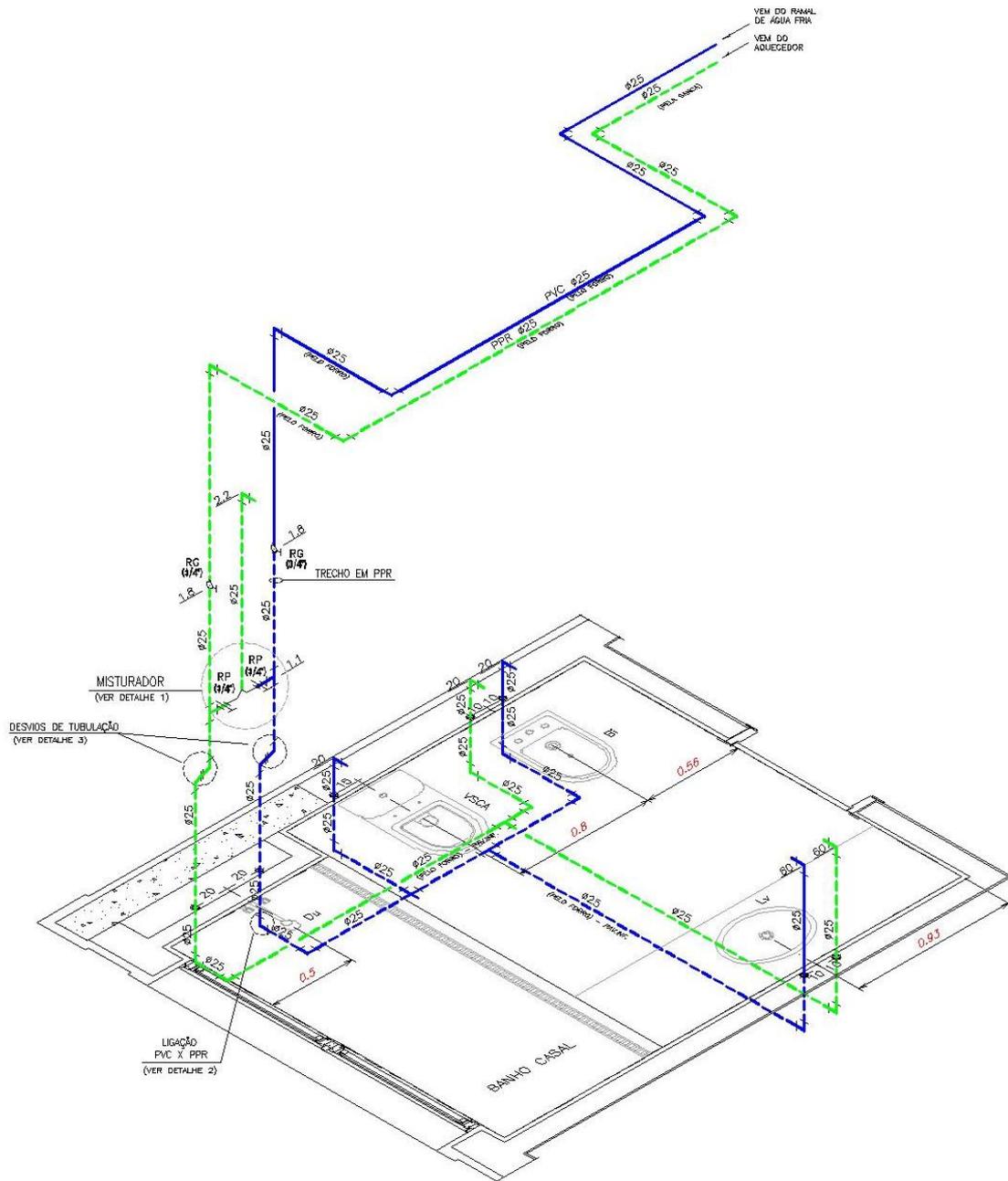
Figura D.6 – Esquema isométrico - banho suite 2 (apartamento final)



**ESQ. ISOMÉTRICO: DET. C**  
(BANHO 3) esc. 1:20

QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
9.67	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4"
7	PC	JOELHO 90 SOLDAVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDAVEL PVC	25 mm
1	PC	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDAVEL CURTA PVC	32 x 25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4"
2	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2"
1	PC	TE REDUÇÃO CENTRAL AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2"
12.84	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
4	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
6	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
3	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSIÇÃO F/M C/ INSERTO METÁLICO - PPR	25 x 3/4"
2	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METÁLICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METÁLICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSÃO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

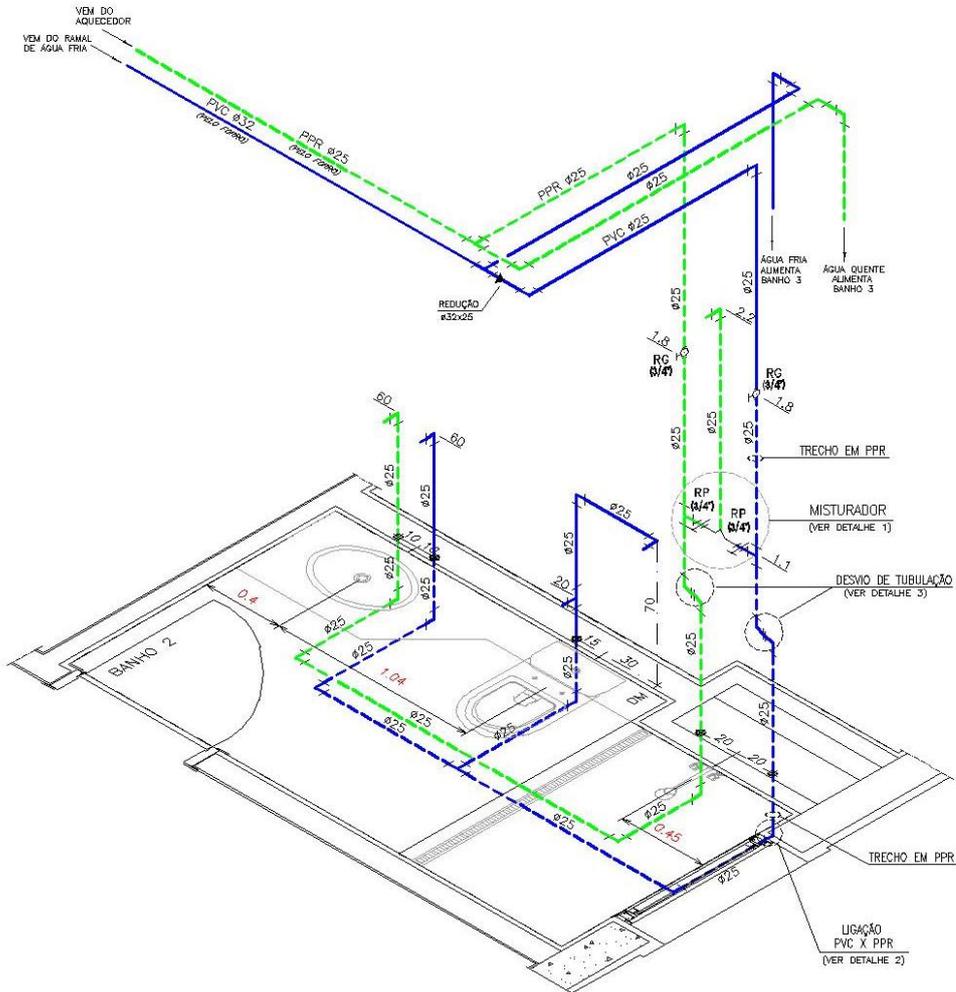
**Figura D.7** – Esquema isométrico - banho suite 3 (apartamento final 1)



**ESQ. ISOMÉTRICO: DET. H**  
(BANHO CASAL) esc. 1:20

QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
10.92	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
9	PC	JOELHO 90 SOLDAVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDAVEL PVC	25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4
3	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
18.13	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
4	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
9	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
3	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSIÇÃO F/M C/ INSERTO METÁLICO - PPR	25 x 3/4"
3	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METÁLICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METÁLICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSAO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

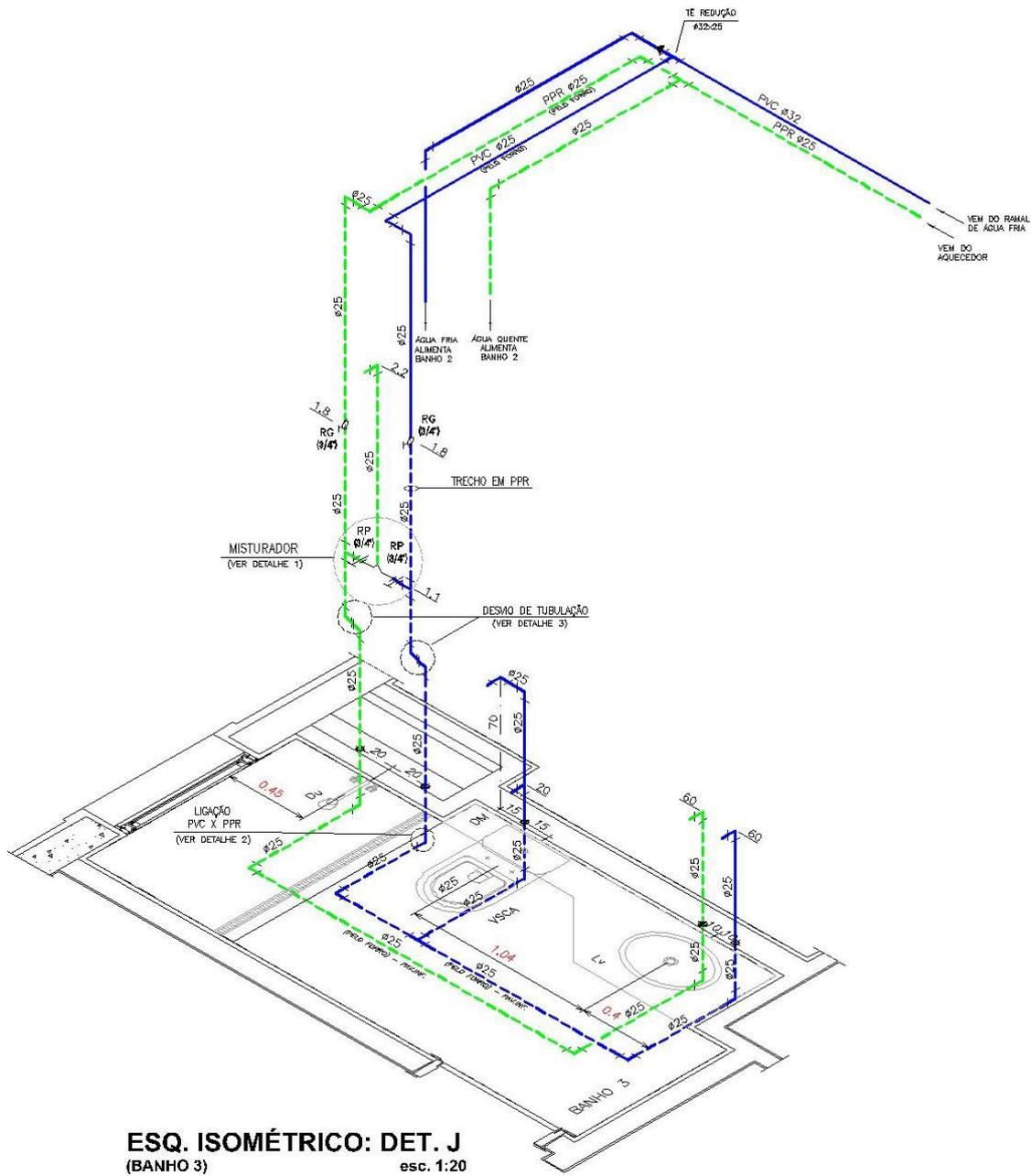
Figura D.8 – Esquema isométrico - banho suite casual (apartamento final 2)



**ESQ. ISOMÉTRICO: DET. I**  
(BANHO 2) esc. 1:20

QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
8.63	M	TUBO DE PVC RÍGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
7	PC	JOELHO 90 SOLDÁVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDÁVEL PVC	25 mm
1	PC	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA PVC	32 x 25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4
2	PC	COTOVELO REDUÇÃO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
1	PC	TE REDUÇÃO CENTRAL AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
11.74	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
4	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
5	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
3	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSIÇÃO F/M C/ INSERTO METÁLICO - PPR	25 x 3/4"
2	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METÁLICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METÁLICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSÃO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

**Figura D.9** – Esquema isométrico - banho suite 2 (apartamento final 2)



QTD	UN	DESCRIÇÃO	DIMEN.
9.98	M	TUBO DE PVC RIGIDO MARROM	25 mm
1	PC	ADAPTADOR CURTO PVC MARROM	25 x 3/4
7	PC	JOELHO 90 SOLDAVEL PVC MARROM	25 mm
2	PC	TE 90 SOLDAVEL PVC	25 mm
1	PC	TE DE REDUCAO 90 SOLDAVEL PVC	32 x 25 mm
1	PC	COTOVELO AZUL ELUMAPLAST	25 x 3/4
2	PC	COTOVELO REDUCAO AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
1	PC	TE REDUCAO CENTRAL AZUL ELUMAPLAST	25 x 1/2
13.42	PC	TUBO AMANCO PPR	25 mm
4	PC	JOELHO 45 F/F - PPR	25 mm
8	PC	JOELHO 90 F/F - PPR	25 mm
2	PC	TE F/F/F - PPR	25 mm
6	PC	ADAPTADOR DE TRANSICAO F/M C/ INSERTO METALICO - PPR	25 x 3/4"
2	PC	JOELHO 90 F/F - PPR C/ INSERTO METALICO	25 x 1/2"
1	PC	TE MISTURADOR C/ INSERTO METALICO F/F/F - PPR	25 x 3/4"
2	PC	REGISTRO DE PRESSAO	3/4"
2	PC	REGISTRO DE GAVETA CROMADO	3/4"

Figura D.10 – Esquema isométrico – banho suite 3 (apartamento final 2)

### DETALHE 1 MISTURADOR DUCHA

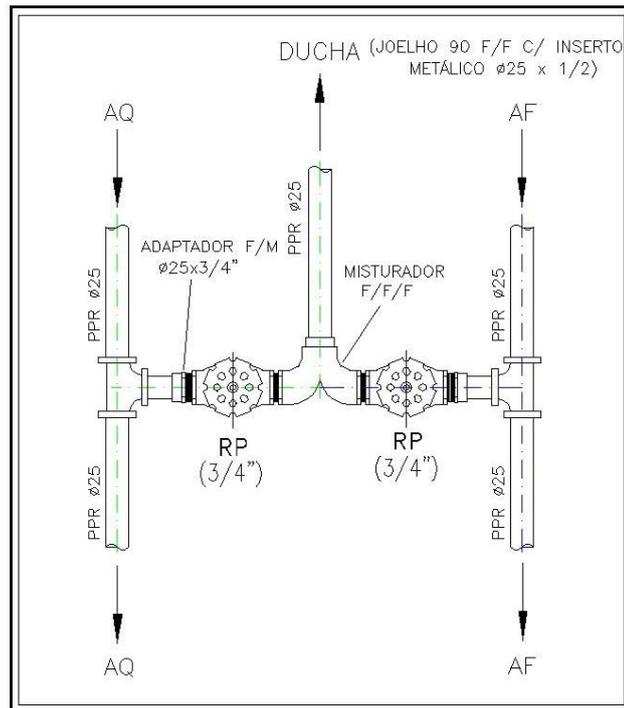


Figura D.11 – Detalhe misturador

### DETALHE 2 LIGAÇÃO PVC x PPR

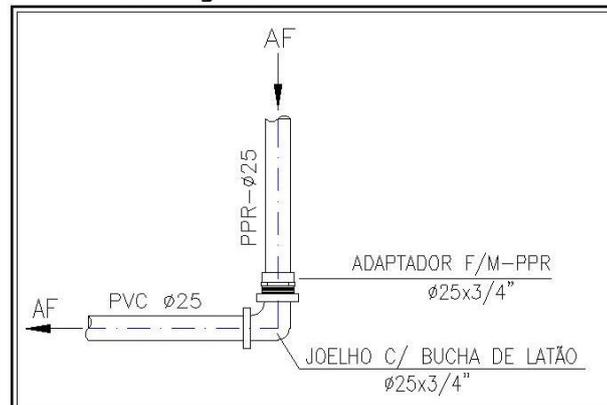
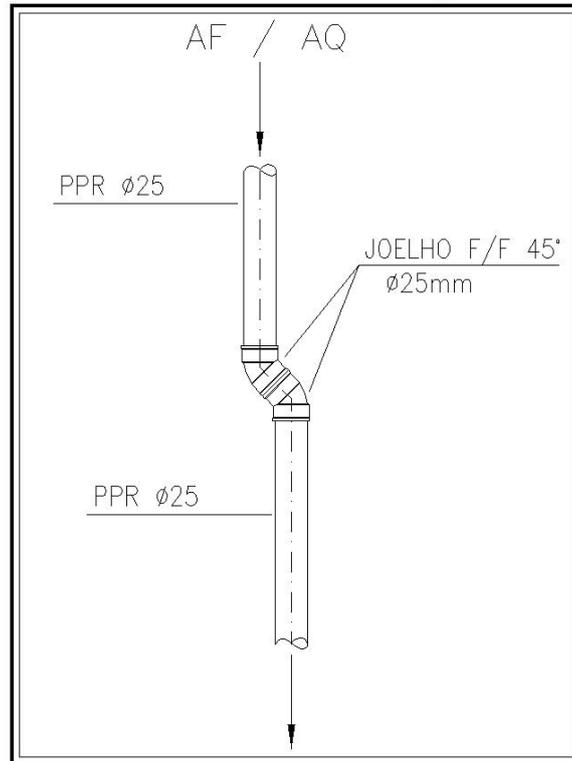


Figura D.12 – Detalhe transição PVC x PPR

### DETALHE 3: DESVIO DE TUBULAÇÃO



**Figura D.13** – Detalhe desvio de tubulação

ESPECIFICAÇÕES
<p><b>PVC MARRON:</b> -NBR 5648 – SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA – TUBOS E CONEXÕES DE PVC 6,3, PN 750 KPa, COM JUNTA SOLDÁVEL – REQUISITOS.</p> <p><b>POLIPROPILENO-COPOLÍMERO RANDON TIPO3 - PPR:</b> -TUBOSISTEMAS AMANCO PPR SEGUEM A ISO 15874.</p>
NOTAS
<p>1 – ELEVAÇÕES E AMARRAÇÕES EM METRO, DIÂMETROS EM MILÍMETROS</p> <p>2 – OS DIÂMETROS DAS REDES DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE REFEREM-SE A "DIÂMETROS EXTERNOS", COMERCIALMENTE ENCONTRADOS NAS LOJAS(VER TABELA DE EQUIVALÊNCIA);</p> <p>3 – PARA INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES, VER FOLHA H-05;</p>
SIMBOLOGIA
<p><b>LEGENDA DAS TUBULAÇÕES:</b></p> <p>————— ÁGUA FRIA</p> <p>- - - - - ÁGUA QUENTE</p>

**Figura D.14** - Especificações técnicas, notas e simbologia de Projeto

**OBS:**

- AS TUBULAÇÕES AÉREAS DEVERÃO SER FIXADAS COM "FITA";
- PREVER APOIO QUANDO HOVER PESOS CONCENTRADOS DEVIDO À PRESENÇA DE REGISTROS;
- OS APOIOS DEVERÃO ESTAR O MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DAS MUDANÇAS DE DIREÇÃO;

**DISTÂNCIAS MÁXIMAS ENTRE APOIOS:**

DIAM.(mm)	ESPAÇAMENTO
25	1.0m
32	1.10m
40	1.30m
50	1.50m

**OBS:**

PARA O DESEMPENHO ADEQUADO DE TEMPERATURA NOS AQUECEDORES, INSTALAR DISPOSITIVO PARA CONTROLE DE VAZÃO NAS DUCHAS - 8,0LITROS/MINUTO.

TABELA DE EQUIVALÊNCIA				
MATERIAIS				Ø REF. (POLEGADAS)
Ø EXTERNO FABRICANTE				
PPR (mm)	PVC SOLDÁVEL (mm)	AÇO GALV. (mm)	COBRE (mm)	
20	20	21	15	1/2
25	25	27	22	3/4
32	32	34	28	1
40	40	42	35	1 1/4
50	50	48	42	1 1/2
63	60	60	54	2
75	75	76	66	2 1/2
90	85	89	79	3
---	110	114	104	4

**LEGENDA, BITOLAS E ALTURA DOS PONTOS HIDRÁULICOS**

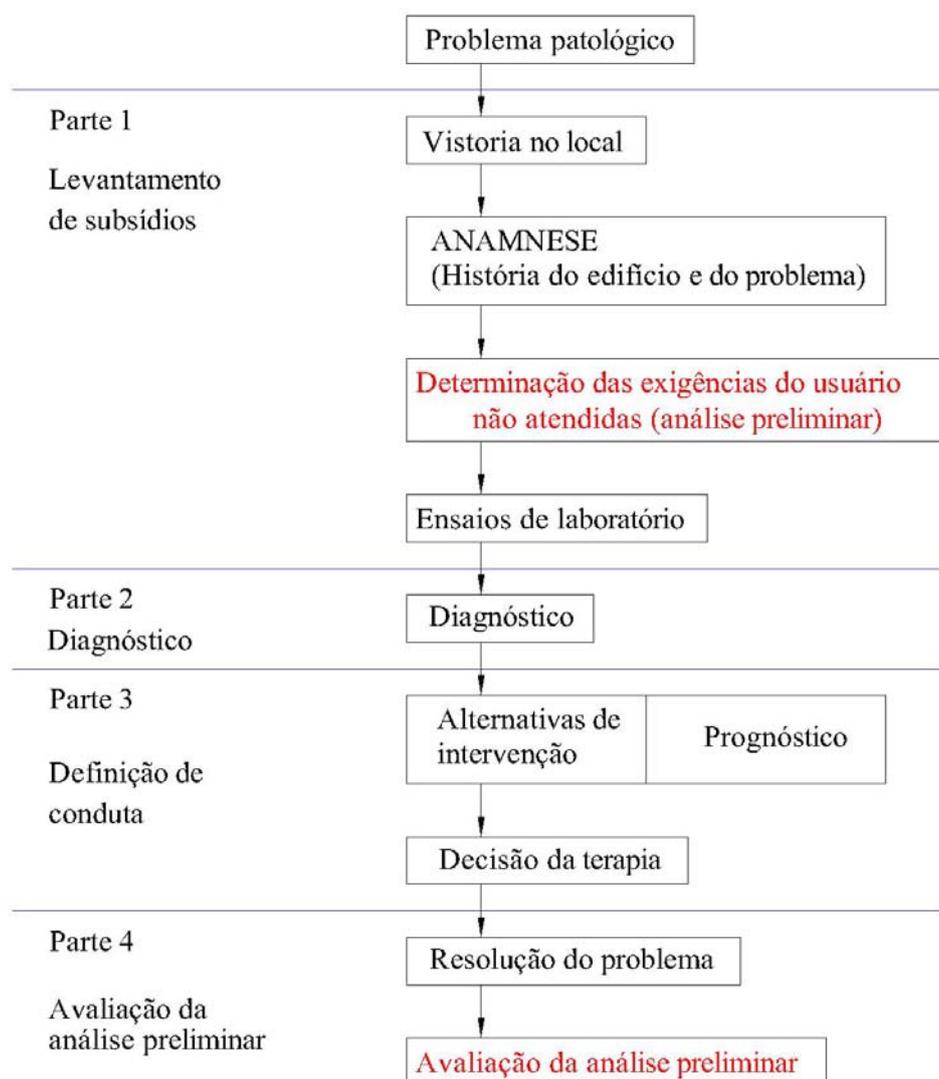
LEGENDA	BITOLA (ÁGUA)	
	Ø (pol.)	h (metros)
Ch - CHUVEIRO ELÉTRICO	1/2	2,20
Bi - BIDE	1/2	0,20
Du - DUCHA COM MISTURADOR AQ/AF	1/2	2,20
DM - DUCHA MANUAL	1/2	0,70
Fi - FILTRO	1/2	1,30
Lv - LAVATÓRIO	1/2	0,60
MLL - MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	3/4	0,70
MLR - MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	3/4	0,95
Pia - PIA DE COZINHA (BANCADA)	1/2	0,60
Tq - TANQUE	1/2	1,15
VSCA - VASO SANITÁRIO C/ CAIXA ACOPLADA	1/2	0,20
RG - REGISTRO DE GAVETA	3/4	1,80
RP - REGISTRO DE PRESSÃO: -Ducha/Chuveiro	3/4	1,10

h = ALTURA REFERENTE AO PISO ACABADO

**Figura D.15 - Informações técnicas de Projeto**

## APÊNDICE E – Análise de não conformidades identificadas no edifício B

Para as não conformidades identificadas no edifício B, será aplicada neste apêndice a metodologia proposta por Lichtenstein (1985), para diagnóstico e definição de conduta para correção de cada problema.



**Figura E.1** – Estrutura genérica do método para resolução de problemas patológicos  
Fonte: Adaptação de Lichtenstein (1985).

Incluiu-se, na metodologia de resolução das não conformidades, na etapa de levantamento de subsídios, a relação das exigências do usuário não atendidas, citando como

análise preliminar, os respectivos requisitos ou critérios que podem ser as possíveis causas da não conformidade.

Fez-se o diagnóstico da situação e definiu-se a conduta a ser adotada.

Por fim, fez-se a avaliação dos resultados obtidos e de como a análise preliminar pode ter auxiliado na resolução das mesmas.

Relação das não conformidades de acordo com as exigências do usuário:

### **Não conformidade nº. 1 - Consumo excessivo de gás combustível**

#### **Exigência não atendida (análise preliminar):**

Adequação ambiental: o aquecedor deve fornecer água à temperatura adequada ao uso e funcionamento, de forma a economizar energia e proporcionar conforto compatível com o consumo de energia e com a disponibilidade de recursos financeiros do usuário.

#### **Diagnóstico:**

Falta de controle do funcionamento da recirculação automática, permitindo que a bomba funcione a qualquer momento durante as 24 horas do dia, sempre que haja a diminuição da temperatura da água (medida na tubulação de retorno). Este diagnóstico foi confirmado por alguns moradores que, ao perceberem o alto consumo do sistema, optaram por fazer a ligação do sistema de forma manual.

#### **Definição de conduta:**

Instalação de timer (Figura E.2) permitindo que, no sistema de aquecimento, os períodos de funcionamento sejam programados em função dos hábitos e costumes de cada morador.



**Figura E.2** – Timer para controle dos períodos de funcionamento do sistema

#### **Avaliação da análise preliminar:**

Demonstrou-se correta. Permitiu que o sistema de recirculação continuasse funcionando, porém, sem o consumo excessivo de gás. Em cada apartamento, a programação para funcionamento da bomba de recirculação foi feita para que a energia seja utilizada de forma racional.

As intervenções não foram feitas em todos os apartamentos, mas os consumos mensais estão sendo monitorados e permitirão ao morador a comparação com os consumos anteriores à modificação do sistema.

## **Não conformidade nº. 2 - Diminuição da temperatura da água durante o banho**

### **Exigência não atendida (análise preliminar):**

Funcionalidade e Acessibilidade: os SPHS devem fornecer água fria e quente na pressão, vazão, temperatura e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização.

Adequação ambiental: uso racional da água, por meio do controle de vazão em sistemas com pressão hidráulica excessiva nos pontos de utilização.

### **Diagnóstico:**

Falta de instalação de dispositivos controladores de vazão nas duchas, aumentando significativamente a necessidade de água quente do sistema (ver item 2.6).

### **Definição de conduta:**

Pela pesquisa realizada com os moradores, apenas 60% confirmaram a instalação de restritores de vazão nas duchas, conforme recomendação feita no manual do usuário.

Os moradores deverão ser novamente esclarecidos sobre a importância do controle da vazão das duchas.

### **Avaliação da análise preliminar:**

O usuário através do manual do proprietário, recebeu as informações sobre a necessidade de controle de vazão das duchas, estando a construtora, em conformidade com as exigências de Durabilidade e Manutenibilidade.

Pelas exigências de Funcionalidade e Acessibilidade o usuário pode considerar que as vazões fornecidas pelo sistema, já que são muito superiores ao recomendado, sejam adotadas como referência de um banho confortável. Por isso, pelas exigências de Adequação ambiental, por meio do uso racional de água e energia e do monitoramento dos consumos de água e de gás de cada apartamento, podem mostrar aos usuários que é possível atender aos requisitos de conforto, porém, com sustentabilidade.

**Não conformidade nº. 3 - Falta de controle do aquecimento no sistema, com ocorrências ocasionais de água com temperatura superior à 70°C, em pontos de consumo**

**Exigência não atendida (análise preliminar):**

Segurança no Uso e Operação e Funcionalidade e Acessibilidade: os aquecedores devem ser dotados de dispositivos automáticos que controlem a máxima temperatura admissível da água.

Adequação Ambiental: o aquecedor fornecendo água com temperatura superior à adequada ao uso consumirá mais energia.

**Diagnóstico (após investigação da assistência técnica):**

Devido à quantidade de problemas ocorridos no SPAQ, a empresa fabricante dos aquecedores se disponibilizou em avaliar o sistema de aquecimento, relacionando assim, os erros cometidos pela empresa responsável pela montagem:

- Todos os sensores de segurança de exaustão e de temperatura dos aquecedores estavam desativados;
- Os sensores que controlam o funcionamento do sistema não estavam posicionados corretamente, além de não apresentarem o isolamento térmico necessário;
- Alguns dos controladores do sistema estavam ligados incorretamente (contatos invertidos);
- Bomba principal do sistema com potência e vazão insuficientes.

Conseqüências das irregularidades:

- Bomba funcionando ininterruptamente, comprometendo seu funcionamento;
- Bomba com vazão insuficiente para o modelo do aquecedor, fazendo com que o mesmo trabalhasse em uma temperatura superior ao máximo recomendado;
- Impossibilidade de controle da temperatura interna no reservatório térmico;
- Desligamento automático somente por meio da atuação de um “termostato de segurança” externo.

### Definição de conduta:

- Substituição de todos os aquecedores de passagem (Apêndice 4). Especificação do aquecedor instalado: fabricante: Bosch, modelo: GWH 300 DE, acendimento eletrônico do queimador, tensão 220V, exaustão de gases com ventilador auxiliar - exaustão forçada, potência de 18.000Kcal/h, consumo de 1,98kg/h (GLP) e 2,23m<sup>3</sup>/h (GN), vazão de 15,5 L/min (obtida no misturador) para  $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ ;



**Figura E.3** - Aquecedor antes da intervenção



**Figura E.4** – Aquecedor depois da intervenção

- Reposicionamento do sensor do controlador principal com o isolamento adequado, garantindo maior controle da temperatura do sistema;
- Ligação correta dos controladores, eliminando o risco do funcionamento desnecessário e garantindo os controles tanto da recirculação quanto do sistema principal;
- Troca da bomba principal do sistema (entre o reservatório térmico e aquecedor), por um modelo de maior potência, adequando a vazão da bomba com o modelo do aquecedor; Especificação da bomba instalada: fabricante: Wilo (Figura E.5), modelo: PB-135MA, potência: 1/5cv,  $Q_{\text{máx.}}$ : 45 L/min (2,7m<sup>3</sup>/h) e  $H_{\text{man. máxima}}$ : 13 mca e temperatura máxima da água 60°C.



**Figura E.5** – Bombas de recirculação

**Avaliação da análise preliminar:**

A identificação das exigências do usuário que não foram atendidas estava correta. Neste caso, porém, ocorreram modificações nos circuitos internos nos aquecedores, sendo necessária a participação direta do fabricante. A assistência técnica do fabricante foi acionada para que as irregularidades na montagem do sistema pudessem ser identificadas e solucionadas.

## **Não conformidade n.º 4 - Derretimento do tubo de alimentação de água fria para o aquecedor**

Como o edifício possui medição individualizada de água, todos os pontos de consumo de água fria derivam de coluna única. Dessa forma, o ramal de água fria executado em PVC soldável marrom distribui água fria para todo o apartamento, inclusive para o aquecedor. A partir do registro geral, localizado a 2 m de altura, a tubulação desce para o reservatório térmico em PPR PN-25.

### **Exigência não atendida (análise preliminar):**

Segurança Estrutural: as tubulações e acessórios no SPAQ não devem apresentar deformações permanentes ou rupturas quando submetidas à variação da temperatura de serviço.

Funcionalidade e Acessibilidade: as tubulações do sistema deverão ser de material resistente à temperatura máxima admissível.



**Figura E.6** – Tubo de alimentação de água fria derretido



**Figura E.7** – Tubo de PVC deformado

**Diagnóstico:**

- Falta de resistência à altas temperaturas do tubo de PVC marrom.
- Expansão do reservatório térmico devido à temperatura da água. Segundo o fabricante, a água quando aquecida sofre uma expansão de volume em torno de 3 a 4% retornando por certo trecho da tubulação de água fria que alimenta o aquecedor.
- Dimensão do sifão insuficiente para evitar o retorno de água quente para tubulação de alimentação de água fria.
- Todos os sensores de segurança de exaustão e de temperatura dos aquecedores estavam desativados.

**Definição de conduta:**

- Fazer o controle da temperatura interna do reservatório térmico, conforme definido no problema anterior.
- Aumentar o tamanho do sifão instalado na entrada de água fria, minimizando o risco de retorno de água quente devido à expansão do reservatório térmico.



**Figura E.8** – Sifão antes da intervenção



**Figura E.9** – Sifão depois da intervenção

### **Avaliação da análise preliminar:**

A identificação das exigências do usuário não atendidas está adequada, embora inicialmente o apontassem para a falta de resistência do tubo de PVC a altas temperaturas.

Após a execução das intervenções sugeridas, não ocorreu mais derretimento dos tubos de água fria em PVC que alimentam o sistema. Com o aquecedor em funcionamento, a temperatura nas ligações flexíveis é de aproximadamente 59°C, enquanto que na entrada de água fria do reservatório térmico de 48°C e no registro de água fria, em torno de 27°C. Constatou-se então, que o requisito da tubulação de alimentação da água fria ser de material resistente à temperatura máxima admissível da água quente, ainda carece de mais critérios para ser atendido de forma a não gerar dúvidas. Por exemplo, em edifícios com medição individualizada, a partir de que ponto o tubo deve ter resistência à temperatura? Do registro geral para baixo? A partir da derivação do ramal até alimentar o aquecedor? A partir do hidrômetro, em todo o percurso até o aquecedor? Em toda a coluna de alimentação de água fria? Através de coluna exclusiva, com medição individualizada, para abastecimento dos aquecedores?

Outro critério a ser esclarecido trata da dimensão mínima do sifão na alimentação de água para um sistema de acumulação. Considerado insuficiente para evitar a expansão de água quente, do reservatório térmico para a rede de alimentação de água fria, qual deve ser a dimensão mínima?

São exemplos de situações onde não houve conclusões que pudessem servir de diretrizes para projetos futuros.

## Não conformidade nº. 5 - Queima dos circuitos internos de alguns aquecedores

### Exigência não atendida (análise preliminar):

#### Segurança no Uso e Operação:

- Os gases provenientes da queima de combustíveis para aquecimento de água devem ser devidamente encaminhados para a atmosfera e as condições de instalação das chaminés de exaustão devem seguir as prescrições da NBR 13103 (ABNT, 2007).
- Os aquecedores devem ser dotados de dispositivo automático que controle a máxima temperatura admissível da água com dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia em caso de superaquecimento;



**Figura E.10** – Aquecedor danificado



**Figura E.11** – Duto de exaustão saindo para a chaminé



**Figura E.12** – Chaminés de exaustão

**Diagnóstico:**

- Todos os sensores de segurança de exaustão e de temperatura desativados;
- A falta de controle de temperatura ocasiona o superaquecimento do trocador de calor do aquecedor instalado, reduzindo consideravelmente sua vida útil;
- Constatou-se que uma incidência de vento ocasionando o retorno de vento, fazendo com que os produtos da combustão retornem pela chaminé e o fogo do queimador queime para baixo, danificando a parte interna do produto.

**Definição de conduta:**

- Substituição de todos os aquecedores de passagem com exaustão normal (conforme problema patológico nº. 3), por modelos onde a exaustão dos gases é feita com ventilador auxiliar - exaustão forçada.

**Avaliação da análise preliminar:**

A análise preliminar demonstrou estar adequada, embora a investigação inicial fosse no sentido de verificar as condições de instalação das chaminés de exaustão, que estavam adequadas. Para evitar a ocorrência deste tipo de problema patológico, sugere-se que, em edifício de andares múltiplos, seja feita uma análise dos ventos predominantes na região onde os aquecedores serão instalados e se necessário, realizar a exaustão forçada dos gases.

## **ANEXO A – Materiais utilizados na condução de água quente**

### **1 - POLICLORETO DE VINILA CLORADO (CPVC)**

Especificações Técnicas:

- Coeficiente de dilatação linear (a 20°C): 0,0000612 m/m°C
- Condutividade térmica: 0,4079 W/m.°C

Normas técnicas de referência: ASTM (American Society for testing and Materials) D-2846

Tubos: ASTM (American Society for testing and Materials) F442 (para os diâmetros de 73 a 114)

Conexões: ASTM (American Society for testing and Materials) F439 (para os diâmetros de 73 a 114)

Material com todas as propriedades inerentes ao PVC, somando-se a resistência à condução de líquidos sob pressões a altas temperaturas. A obtenção do CPVC é feita de maneira semelhante à do PVC. Sua principal diferença é o aumento da participação percentual de cloro no composto das matérias-primas, e seu desenvolvimento resultou na necessidade de obter-se um termoplástico que pudesse ser usado, também, para condução de água quente. Para tubulações instaladas aparentes e expostas às intempéries, é recomendado utilizar isolantes expandidos ou fita para proteção e manutenção das suas propriedades mecânicas.

Não há distinção entre as características de resistência entre tubos e conexões, sendo dimensionados para trabalhar nas seguintes pressões de serviço: 6,0 Kgf/cm<sup>2</sup> ou 60 mca conduzindo água a 80°C e 24,0 Kgf/cm<sup>2</sup> ou 240 mca conduzindo água a 20°C.

As conexões são executadas através de junta soldável à frio, por meio de adesivo especial. Para interligação com registros, para pontos terminais de utilização, entradas ou saídas de aquecedor, deverão ser utilizadas conexões com rosca metálica.

**Dilatação térmica:**

As contrações e dilatações térmicas devido às variações de temperatura poderão ser absorvidas com a utilização de juntas de expansão ou por liras. Para a utilização de juntas de expansão, segundo o fabricante, se faz necessário observar alguns cuidados básicos tais como: pressão máxima de trabalho, temperatura máxima que a tubulação atingirá, temperatura ambiente durante a instalação, temperatura mínima que a tubulação atingirá. O deslocamento axial máximo, a ser considerado para juntas de expansão, é de 25 mm, para qualquer diâmetro.

Nas tubulações horizontais, as liras devem ser instaladas, preferencialmente no plano horizontal, ou seja, paralela ao piso. Para utilização de liras em planos verticais (plano da parede), recomenda-se posicioná-la como U, evitando-se a instalação como se fosse um sifão invertido com conseqüente acúmulo de ar no ponto mais alto, dificultando o fluxo de água no trecho.

Deverá também ser observada a delimitação dos trechos de dilatação, com a correta distribuição dos pontos de fixação dos tubos, sendo que apenas um deles poderá ser ponto fixo e os demais são pontos deslizantes. O trecho de atuação da junta de expansão ou lira deverá ser delimitado por dois pontos fixos. No caso de tubulações verticais, deve-se adotar um espaçamento máximo de 2 m entre pontos deslizantes. Para edifícios, recomenda-se a instalação de um ponto deslizante por pavimento.

Nas derivações onde a coluna não estiver com o ponto fixo junto à conexão de derivação, o alívio de tensionamento nessa conexão poderá ser obtido utilizando-se o artifício do "pescoço de ganso". Para espaçamento entre os suportes horizontais a distância irá variar em função do diâmetro da tubulação e da temperatura máxima da água.

**Isolamento térmico:**

Segundo recomendações do fabricante, o material dispensa o uso de isolante térmico em trechos de tubulação de até 20 m de extensão. É recomendado o uso apenas em casos

de instalação ao ar livre ou que esteja passando em locais onde a perda poderá ser significativa (passagens por câmara de resfriamento).

## **2 - COBRE**

Especificações Técnicas:

- Coeficiente de dilatação linear (a 20°C): 0,0000165 m/m°C

- Condutividade térmica: 332 W/m°C

### **Tubos rígidos:**

Norma técnica de fabricação: NBR 13206 (ABNT, 2004) – Tubo de cobre leve, médio e pesado sem costura, para condução de água e outros fluidos.

Os tubos de cobre, rígidos, sem costura, são fabricados em barras de 5 m, pelo processo de extrusão e em seguida são calibrados nos diâmetros comerciais. A composição é de, no mínimo, 99,9% de cobre. Os tubos são produzidos em três classes de pressão. Os tubos de cobre não possuem curvas de regressão, portanto, não apresentam variação das características de resistência à temperatura e de pressão ao longo do tempo.

**Classe E:** tubo com parede variando entre 0,5 mm e 1,2 mm, e pressões de serviço que variam de 41 à 14 Kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente, projetados para instalações de água fria, água quente, combate a incêndios por hidrantes ou sprinklers. São acoplados com conexões por soldagem capilar.

**Classe A:** tubo com parede variando entre 0,8 mm e 1,5 mm, e pressões de serviço que variam de 69 à 18 Kgf/cm<sup>2</sup>, projetado para instalações de gases combustíveis e medicinais. São acoplados com conexões por soldagem ou brasagem capilar.

**Classe I:** tubo com parede variando entre 1 mm e 1,5 mm, e pressões de serviço que variam de 88 à 20 Kgf/cm<sup>2</sup>, projetado para instalações industriais de alta pressão e vapor. São acoplados com conexões por soldagem ou brasagem capilar.

**Conexões:**

Norma técnica de fabricação: NBR 11720 (ABNT, 2007) – Conexões para unir tubos de cobre por soldagem capilar.

A linha de conexões soldável é produzida em cobre e bronze, composta de conexões sem anel de solda, conexões com anel de solda, que deverão ser utilizadas com tubos rígidos, e conexões "especiais" utilizadas com tubos de PVC soldável marrom. As conexões com anel de solda possuem as mesmas características das sem solda, porém com a vantagem de conter um anel interno com estanho na quantidade exata para soldagem. A solda fica localizada na metade do comprimento da bolsa da conexão, tornando-se desnecessária a aplicação de solda externa para complemento. As conexões da linha soldável são produzidas nos diâmetros de 15 mm a 104 mm. Até 28 mm são fabricadas em cobre, acima desta bitola são fabricadas em bronze. As conexões soldáveis, quando têm rosca, podem ser utilizadas para interligações de tubos com acessórios que possuem os padrões de rosca BSP ou NPT.

A linha roscável é produzida em bronze, composta de conexões utilizadas nas interligações de outros materiais e aparelhos. Podem ser acopladas por rosca do tipo BSP e NPT.

**Conexões de engate rápido:**

As conexões de engate rápido dispensam o uso de solda para a execução das juntas, sendo indicadas para o uso com a linha de tubos rígidos, para instalações de água quente, água fria e sistemas de aquecimento. A utilização desta linha de conexões visa o ganho de produtividade, quando comparados ao sistema tradicional de soldagem e permitem a reutilização de tubos e conexões, sem danos. Estão dimensionadas para trabalhar com as seguintes pressões de serviço: 20 Kgf/cm<sup>2</sup> ou 200 mca conduzindo água a 25°C, 14 Kgf/cm<sup>2</sup> ou 140 mca conduzindo água a 80°C e 10 Kgf/cm<sup>2</sup> ou 100 mca conduzindo água a 90°C.

**Tubos flexíveis:**

Norma técnica de fabricação: NBR 14745 (ABNT, 2001) – Tubo de cobre sem costura flexível, para condução de fluidos - Requisitos.

Os tubos flexíveis são utilizados em instalações de gás combustíveis e distribuição de água quente e fria. Os tubos são produzidos em dois diâmetros 10 mm (3/8") e 15 mm (1/2" ), e três classes de pressão.

**Classe 1:** tubo com parede de 0,6 mm e 0,7 mm, e pressões de serviço de 54,4 e 39,70 Kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Classe 2:** tubo com parede de 0,8 mm e 1 mm, e pressões de serviço de 73,8 e 57,7 Kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Classe 3:** tubo com parede de 1 mm e 1,2 mm, e pressões de serviço de 94 e 71 Kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

#### **Conexões flangeadas:**

Norma técnica de fabricação: NBR 15277 (ABNT, 2005) – Conexões com terminais de compressão para uso com tubos de cobre – Requisitos.

Nesta linha de conexões não é necessária utilização de solda para a execução das juntas. São projetadas para o uso específico com tubos de cobre flexíveis, e indicadas para aplicação no sistema ponto a ponto, em instalações de água quente e água fria.

#### **Juntas de Expansão e Liras:**

São dispositivos necessários quando o traçado da rede não for suficiente para absorver as dilatações térmicas provenientes das variações de temperatura para trechos lineares superiores a 10 m. Para a utilização de juntas de expansão, segundo o fabricante, se faz necessário observar alguns cuidados básicos tais como: pressão máxima de trabalho de 50 mca, poder máximo de absorção de 25 mm, temperatura máxima de 150°C, respeitar o sentido do fluxo indicado no corpo da peça, obedecer rigorosamente às recomendações quanto aos pontos fixos e luvas guias, não efetuar o teste hidrostático da tubulação com a junta já instalada e instalar em local de fácil acesso.

Para pressões superiores a 50 mca deverá ser solicitada ao fabricante uma junta especial. Quando a pressão de trabalho for elevada, o local de instalação não for de fácil acesso, mas houver disponibilidade de espaço, pode-se optar pela utilização de liras de expansão.

Para a instalação tanto as juntas de expansão como as liras, será necessária a utilização de luvas guias e luvas ponto fixo, para garantir a absorção da dilatação da tubulação, mantendo o movimento somente no sentido axial. A luva ponto fixo, que determina o trecho de trabalho, deverá ser usada apenas nas extremidades para que não haja transferência de esforços para outro trecho. A luva guia que tem a função de direcionar a tubulação para dilatar em um único sentido. A distribuição das luvas guias deverá ser feita da seguinte forma: a primeira não deverá ter uma distância máxima de 4 vezes o diâmetro da tubulação da junta de expansão, a segunda 14 vezes o diâmetro de distância da primeira luva guia, a terceira 50 vezes o diâmetro de distância da segunda luva guia e assim sucessivamente. Para a utilização da lira de expansão, devem-se adotar os mesmos critérios de distribuição das luvas ponto fixo e luvas guias estabelecidos para juntas de expansão.

### **Tipos de soldagem:**

- Soldagem tipo branda:

Utilizada nas instalações sanitárias e nas distribuições de água quente, água fria e de gás combustível, com material de preenchimento cujo ponto de fusão está entre 250 e 260°C. A quantidade de solda varia em função do diâmetro da tubulação a ser soldada. Na soldagem branda deverá ser utilizado maçarico portátil de gás butano.

- Soldagem tipo forte ou brasagem (Foscooper ou Prata):

Utilizada em sistemas que devem suportar esforços mais pesados e altas pressões, com material de preenchimento cujo ponto de fusão está entre 600 e 800°C. A quantidade de solda irá variar em função do preenchimento na conexão. Na brasagem deverá ser utilizado maçarico de propano ou de acetileno.

Pasta de soldagem:

Para obtenção de uma união de boa qualidade, é importante que o metal de adição (solda) se espalhe de forma adequada na superfície da junta. Para manter livre de oxidação as partes a serem soldadas, são necessárias a utilização uma pasta específica para soldagem de tubos e conexões de cobre e ser removível em água.

Solda:

Deverão ser utilizadas em conexões sem anel de solda e no processo de soldagem do tipo branda. Das composições de liga existentes no mercado a maioria é à base de estanho. Atualmente a solda Estanho x Cobre (97% Sn x 3% Cu) é a mais recomendada por permitir melhor trabalhabilidade do fio e maior resistência na junção das partes.

**Isolamento térmico:**

Material: Polietileno expandido – células fechadas

Condutividade térmica: 0,035 W/m°C

Resistência térmica: -40°C a + 90°C

Diminui a perda de calor e economiza energia do sistema de aquecimento. Possui espessuras de parede de 5 mm, que deverão ser usadas para tubulações embutidas em alvenarias e de 10 mm, que deverão ser usadas em tubulações embutidas e aparentes.

### **3 - POLIPROPILENO COPOLÍMERO RANDOM - TIPO 3 (PPR)**

Especificações Técnicas:

- Coeficiente de dilatação linear (a 20°C): 0,00015 m/m°C

- Condutividade térmica: 0,24 W/m°C

Existem no mercado diferentes classes de polipropileno, que podem ser agrupados em três tipos:

- Tipo 1: P.P. Homopolímero, utilizados em sistemas internos de esgoto, ar condicionado, sistemas de ventilação, acessórios para sistemas de polietileno e fluidos industriais sob pressão.
- Tipo 2: P.P. Copolímero de Bloco, utilizados nas mesmas aplicações do tipo 1 e incluindo o uso em sistemas de saneamento e redes de água.
- Tipo 3: P.P. Copolímero Random, que também poderá ser utilizado em fluidos industriais sob pressão e em abastecimento de água fria, mas que, devido às suas propriedades físico-químicas está destinado a usos específicos como calefação por radiadores, sistemas de aquecimento central e para água quente sob pressão.

A seguir, serão descritas as principais características do Polipropileno Copolímero Random (tipo 3), que é o único polipropileno recomendado para a utilização no SPAQ.

Tubos:

DIN 8077 – Polypropylene (PP) pipes - PP-H 100, PP-B 80, PP-R 80 - Dimensions

DIN 8078 – Polypropylene (PP) pipes - PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT - General quality requirements and testing.

São produzidos em barras de 4 m e, em função das pressões máximas admissíveis, divididos em três classes de pressão: PN12, PN20 e PN25.

Os tubos PN12, de pressão nominal de 12 Kgf/cm<sup>2</sup>, são destinados exclusivamente para o uso em tubulações de água fria.

Os tubos PN20, de pressão nominal de 20 Kgf/cm<sup>2</sup>, são destinados para o uso em tubulações de água fria e água quente.

Os tubos PN25, de pressão nominal de 25 Kgf/cm<sup>2</sup>, são destinados para o uso em tubulações de água quente com alta exigência de serviço. Nesta classe, também está disponível no mercado, tubos com alma de alumínio. Trata-se de tubo de Polipropileno Copolímero Random recoberto com uma lâmina de alumínio e uma capa externa do mesmo material. Este

quarto tipo de tubo tem como característica um menor coeficiente de dilatação ( $0,00003 \text{ m/m}^\circ\text{C}$ ), sendo recomendado para instalações de água quente suspensas, aparentes e sob intempéries.

As tubulações de PPR poderão ser projetadas para suportar pressões e temperaturas elevadas. As curvas de regressão do polipropileno copolímero random apresentam as tensões tangenciais que o material suporta para diferentes temperaturas, sem nenhuma relação com o diâmetro e a espessura de parede do tubo.

Segundo os fabricantes, devido à baixa condutividade térmica, a aplicação do PPR dispensa o uso de isolantes térmicos. Para instalações industriais ou especiais que requerem maior eficiência térmica, poderão ser utilizados isolantes térmicos. Para instalações onde os tubos e conexões estarão em locais suscetíveis de receber de forma direta os raios ultravioletas, deverão ser protegidos por material isolante, como fita de alumínio. Para sistema solar, os tubos externos de entrada e saída dos coletores deverão ser protegidos por material isolante.

#### **Conexões:**

DIN 16962 – Pipe joint assemblies and fittings for types 1 to 3 polypropylene (PP) pressure pipes; injection-moulded fittings for butt welding; dimensions.

O polipropileno copolímero random se caracteriza pela execução das conexões por termofusão, ou seja, os materiais se fundem molecularmente, a  $260^\circ\text{C}$ , formando uma única tubulação contínua.

O equipamento específico para este fim é denominado termofusor, que deverá estar à temperatura de  $260^\circ\text{C}$  para garantir a correta fusão entre as peças. Nesta operação, o tubo e a conexão se aquecem durante poucos segundos (que podem variar conforme o diâmetro).

Após ser retirada do termofusor, a ponta do tubo deve ser introduzida na conexão e durante os próximos 3 segundos a conexão ainda poderá ser alinhada ou girada em no máximo  $15^\circ$ .

Para instalação de registros, válvulas, para a interligação com outros materiais ou mesmo para execução de pontos terminais, são disponibilizadas as conexões com inserto de bronze, com rosca macho ou rosca fêmea, no padrão BSP.

#### **4 - POLIETILENO RETICULADO (Pex)**

Especificações Técnicas:

- Coeficiente de dilatação linear (a 20°): 0,00014 m/m°C
- Condutividade térmica: 0,35 W/m°C

O PEX ou polietileno reticulado é derivado do polietileno normal, que passou por um processo de reticulação. As alterações em sua estrutura inter-molecular formam pontes unindo as moléculas, tornando-as mais coesas. Isso altera o comportamento físico do material, que passa a ter desempenho termomecânico muito superior ao polietileno convencional. Existem diversos processos de reticulação, sendo que os três tipos principais resultam no Pex A, Pex B e no Pex C.

O Pex A, obtido pela reticulação por meio do peróxido (Método Engel), se caracteriza por ter a velocidade de produção muito baixa. A reticulação no método peróxido (Pex A) é mais debilitada, pois em sua cadeia molecular as ligações são planas, conseqüentemente, as normas internacionais exigem um grau de reticulação mais elevado, em torno de 70%, e uma espessura maior da parede do tubo (2,2 mm) para que a performance da tubulação se aproxime do Pex B, que tem grau de reticulação em torno de 66% e espessura da parede do tubo de 1,8 mm.

O Pex B, é obtido pela reticulação através do Silano (Método Sioplás), onde a reticulação efetua-se mediante composto de silício e oxigênio. Os compostos de silano são primariamente inseridos nas cadeias de polietileno. Obtém-se assim, um polímero enxertado que logo será mesclado com o catalizador polietileno. O tubo é fabricado pela extrusão desta mescla.

Com esse método é necessário produzir primeiramente os compostos diferentes, que devem ser mesclados na proporção 95:5 e só depois pode-se extrudar o tubo.

O Polietileno reticulado tem várias aplicações. Entre as mais destacadas está o isolamento de cabos elétricos, reservatórios de grande porte para substâncias ácidas e alcalinas (quimicamente agressivas) e tubulações de alto desempenho para condução de água quente e fria.

Segundo Roca (2004), dos sistemas hidráulicos flexíveis disponíveis no mercado, o mais usado mundialmente é o de Pex (polietileno reticulado).

Os tubos de polietileno reticulado têm memória plástica, ou seja, se dobrar o tubo é possível reconstruí-lo apenas com um soprador de ar quente até que ele volte ao estado original.

Em sistemas prediais hidráulicos, o sistema é constituído por tubos flexíveis e conexões metálicas roscáveis.

Por suas características de fabricação, o Pex é raramente utilizado em prumadas ou colunas principais, sendo mais comum a aplicação em sistemas de distribuição nos ambientes sanitários.

Existem duas formas de instalação:

- a) Distribuição por meio de “manifold”, que possui o mesmo conceito de uma instalação elétrica, onde o tubo Pex é introduzido dentro de um tubo guia desde a caixa de distribuição (manifold), até o ponto de consumo sem conexões intermediárias. Este sistema prevê a passagem do tubo Pex por dentro de conduítes, o que permite a inspeção, troca ou manutenção sem quebra de revestimentos e paredes.
- b) Distribuição convencional, que permite aproveitar as características do polietileno reticulado em projetos tradicionais, onde são usados tês e cotovelos em um ramal que corre pela parede e vai derivando para atender aos pontos de consumo. O Pex é compatível com paredes de

alvenaria convencional de gesso acartonado e não deve permanecer exposto a raios ultravioletas por período de tempo prolongado.