

MELINA BORGES PIMENTA NEJO

**SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR COM MEDIÇÃO
INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

**São Paulo
2012**

MELINA BORGES PIMENTA NEJO

**SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR COM MEDIÇÃO
INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

	<p>Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de pós-graduação <i>lato-sensu</i> em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios</p> <p>Orientadora: Profa. Livre-Docente Lúcia Helena Oliveira</p>
--	---

**São Paulo
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA

Nejo, Melina Borges Pimenta

Sistema de aquecimento solar com medição individualizada de água em edifícios residenciais / M.B.P. Nejo. -- São Paulo, 2012.

70 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – POLI.INTEGRA.

1. Energia solar 2. Aquecimento de água 3. Edifícios residenciais I. Universidade de São Paulo. POLI.INTEGRA II. t.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e capacidade de aprendizado.

Aos meus pais, irmão e madrinha, pelo carinho e apoio incondicional.

A professora Lúcia Helena, pela orientação, paciência e pelo constante estímulo durante o desenvolvimento do trabalho.

A construtora Tarjab, em especial ao engenheiro Carlos Borges, pelo incentivo a realização do curso.

A todos os colegas de engenharia, em especial aos engenheiros Jorge Chaguri e Bruno Freire, pela atenção e informações concedidas nos estudos de caso.

A todos os amigos e colegas de turma pelo apoio.

RESUMO

A busca pela sustentabilidade no uso dos recursos naturais é um tema cada vez mais presente no mundo. O crescimento no uso de energia elétrica e o aumento no consumo de água são dois fenômenos que trazem impactos diretos às decisões construtivas. Leis que obrigam o uso da energia solar como recurso para aquecer parte da água quente e a preferência do mercado consumidor por apartamentos com medição individualizada demandam a conciliação técnica dos dois sistemas, cuja execução é um desafio para projetistas e construtores. Com o objetivo de esclarecer dúvidas e alertar para que o volume de retrabalho nas obras diminua são levantadas as principais dificuldades para compatibilização dos projetos. Na cidade de São Paulo, onde a chamada lei solar está em vigor, é notória a falta de informação entre fornecedores de material e mão de obra e até mesmo entre construtoras e projetistas experientes. Através do estudo da bibliografia relacionada ao tema, de visitas às obras e da busca por profissionais da área de engenharia, possibilitou-se um levantamento das soluções mais usuais para conciliar os sistemas de medição individualizada e aquecimento solar em edifícios. A partir das informações adquiridas, conclui-se que não há apenas uma solução técnica viável que permita o funcionamento conjunto dos dois sistemas. Cada empreendimento deve buscar a sua solução ideal, em função da disponibilidade de equipamentos e mão de obra e das suas características de projeto. Para evitar o retrabalho no canteiro de obras é necessário criar programas com foco na disseminação de informações sobre o assunto, de maneira a treinar o profissional que irá projetar e executar a instalação dos sistemas.

Palavras-chaves: sistema predial de água, aquecimento solar de água, medição individualizada de água.

ABSTRACT

Sustainability in the use of natural resources is a theme of crescent relevance in the world. The growth both in the consumption of energy and water is a phenomenon with direct impact to construction decisions. Laws that obligate the use of solar power to heat part of the water and the consumer preference for apartments with individual measurement demand the technical conciliation of two systems, which represents a challenge for designers and builders. Key issues involved in the compatibility of these projects are explored with the objective of solving major questions and emphasizing the reduction of rework at the construction site. In the city of São Paulo, where the called solar law is in force, the lack of information among labor and material suppliers, and even among experienced constructors and designers, is notorious. The most common solutions to conciliate those projects are raised through a detailed study of the available bibliography, field visits and engineering professionals. Considering the information gathered, the conclusion is that there is not only one viable solution that allows both systems to work together. Each construction shall design its own ideal solution, considering the availability of equipment and labor, and project specificities. In order to avoid rework in the construction site the creation of programs focused on the dissemination of information on this topic are necessary to prepare the professional who will project and execute the system's installation.

Key-words: water supply system, solar water heating, water submetering system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrativo da metodologia para desenvolvimento do trabalho.....	17
Figura 2: Esquema de circuito indireto para aquecimento de água.....	22
Figura 3: Medidores concentrados no barrilete do edifício.....	29
Figura 4: Medidores localizados no térreo.....	30
Figura 5: Medidores nos halls dos pavimentos.....	31
Figura 6: Esquema ilustrativo da sequência para leitura dos consumos via rádio frequência.....	32
Figura 7: Sistema direto de aquecimento solar com medição individualizada.....	35
Figura 8: Sistema de aquecimento solar direto com sistema secundário a gás através de aquecedor de passagem.....	37
Figura 9: Sistema de aquecimento solar indireto com aquecedor central a gás e medição individualizada de água.....	38
Figura 10: Sistema de aquecimento solar com aquecedor central a gás e medição individualizada.....	40
Figura 11: Edifício 1 – Construtora A.....	42
Figura 12: Projeto de instalações do ático.....	43
Figura 13: Edifício 2 – Construtora B.....	46
Figura 14: Esquema do sistema de aquecimento central coletivo com circuitos direto e indireto.....	47
Figura 15: Tubulações em cobre que estarão ligadas as placas solares.....	48
Figura 16: <i>Shaft</i> no hall dos elevadores com parte da instalação do sistema.....	49
Figura 17: Colunas de distribuição de água quente, dentro do <i>shaft</i>	50

Figura 18: Ramais de água fria (a) e de água quente (b) de cada apartamento, localizados no <i>shaft</i> do hall, com espaço para instalação dos medidores a jusante dos registros.....	50
Figura 19: Bomba de recirculação e painel de controle – local teto da área de serviço.....	51
Figura 20: Edifício 3 – Construtora C.....	52
Figura 21: Esquema de sistema de aquecimento central privado com circuito indireto.....	53
Figura 22: Sistema com equipamentos instalados no apartamento (área de serviço).....	54
Figura 23: Entrada de água quente e fria do apartamento e seus ramais para os pontos de consumo.....	54
Figura 24: Registros dos quatro apartamentos do pavimento e local para futura instalação dos medidores de água fria, no <i>shaft</i> do andar.....	55
Figura 25: Local para futura instalação de aquecedor de passagem a gás.....	56
Figura 26: Edifício 4 – Construtora D.....	57
Figura 27: Local para colocação dos reservatórios de água quente.....	58
Figura 28: Local para futura instalação dos medidores de água fria e bombas de recirculação (<i>shaft</i> do andar).....	59
Figura 29: Tubulações de entrada e saída de água quente de cada um dos quatro apartamentos em CPVC, para serem conectadas a prumada correspondente.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz de análise dos sistemas de aquecimento solar e medição individualizada mais comuns propostos.....62

Tabela 2: Vantagens e desvantagens entre os sistemas dos estudos de caso.....64

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
SUMÁRIO	11
1.INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivo específico	15
1.3 Metodologia	16
1.4 Estruturação do trabalho	18
2.SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	20
2.1 Sistema central privado	23
2.2 Sistema central coletivo	23
2.3 Sistema individual	25
3.SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	26
3.1 Configurações de sistemas de medição individualizada	28
4.AQUECIMENTO SOLAR EM EDIFÍCIOS COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ..	34
4.1 Sistema de aquecimento solar em circuito direto de medição individualizada de água	35

4.2 Sistema de aquecimento solar em circuito indireto de medição individualizada de água	37
5. ESTUDO DE CASO	41
5.1 Edifício 1 - construtora A.....	42
5.2 Edifício 2 - construtora B.....	46
5.3 Edifício 3 - construtora C.....	52
5.4 Edifício 4 - construtora D.....	57
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
7. Considerações finais	66
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

Acompanhando o fenômeno da crescente preocupação com a sustentabilidade no mundo, a indústria da construção civil vem sofrendo transformações importantes. Dois dos principais recursos que geram muita preocupação, água e energia, são majoritariamente consumidos nas residências e, portanto, iniciativas direcionadas para conscientizar e otimizar o consumo dos cidadãos trazem impactos muito significativos no volume total.

A criação de leis que exigem dos construtores projetos adaptados para o uso do sistema solar de aquecimento de água e a demanda do mercado por mecanismos que permitam a medição individualizada do consumo, por exemplo, são sinais claros dessa crescente preocupação.

O atendimento das novas demandas traz consigo desafios técnicos extremamente relevantes para a engenharia civil, do projeto à execução da obra que, especialmente quando analisados em conjunto, exigem soluções inovadoras e não triviais. Para contribuir com suporte aos clientes de companhias de água de todo o Brasil, a Sabesp - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, em parceria com o Cediaplac - Centro de Desenvolvimento e Documentação da Habitação e Infraestrutura Urbana, criou em 2009 um programa de qualificação de profissionais e empresas que prestam serviços relacionados à medição individualizada de água, o ProAcqua. O objetivo deste programa pioneiro é certificar a mão de obra relacionada aos projetos, instalações e possíveis manutenções do sistema, para garantir a qualidade e a segurança do consumidor. Além disso, o ProAcqua estabelece normas aos produtos e procedimentos do sistema de medição individualizada de água, visando uma cobrança justa e o uso racionalizado do recurso.

Tanto para a instalação de um sistema de aquecimento solar quanto para um de medição individualizada de água existe diferentes opções, cada qual com prós e contras que impactam diretamente no investimento inicial de implantação

e, principalmente, no custo recorrente de manutenção. A exploração das opções e das interações entre elas com um enfoque pragmático são exploradas nessa monografia.

1.1 Justificativa

A escolha deste tema é justificada por um conjunto de motivos, entre eles a necessidade de compatibilizar sistemas de aquecimento de água com a medição individualizada, o que poderá contribuir positivamente com o problema da escassez de água do planeta e com a dificuldade de produzir e fornecer energia a todos. O uso do medidor para cada unidade residencial traz a informação do real consumo aos usuários o que ajuda a conscientizá-los e evita o uso desmedido do líquido. Em grande escala, pode-se prever uma redução significativa no consumo de água tratada ao cobrar de cada apartamento o volume consumido. Felizmente, o mercado tem exigido das construtoras essa possibilidade de uma divisão justa do uso da água e do gás dos condomínios, fato que fortalece a medição individualizada como premissa dos projetos atuais.

Outra medida, intimamente ligada à sustentabilidade, é o uso de energia solar. Para algumas cidades, entre elas São Paulo, uma lei municipal exige que empreendimentos com quatro ou mais banheiros sejam entregues com um sistema de aquecimento de água através da energia solar para atender 40% da demanda de água quente anual. No Brasil, o uso de energias renováveis é ainda pouco difundido, visto que 25% da produção de Itaipu é utilizada por chuveiros elétricos, segundo Colle (2010). Deste modo, o incentivo governamental para o desenvolvimento de novas formas de geração de energia é fundamental para uma mudança no comportamento dos construtores que passam a entregar novas moradias com características mais sustentáveis.

Para atender a lei de aquecimento de água solar e a medição individualizada nos edifícios, os projetos de sistemas prediais hidráulicos devem conter considerações específicas e os demais projetos precisam ser compatibilizados para evitar o retrabalho na execução. Compatibilizar os dois sistemas não é uma tarefa fácil, pois diversas dúvidas e complexidades em função do uso de bombas, medidores especiais, isolamento das tubulações, aumento no número de reservatórios, entre outros equipamentos que incrementam as soluções. Por se tratar de uma situação nova, em atendimento à lei 14.459 (São Paulo, 2007), projetistas, fornecedores, consultores e engenheiros procuram soluções viáveis para conciliar os sistemas e garantir sua eficiência.

O presente trabalho contribui com o levantamento de dificuldades e principais interferências entre os sistemas de aquecimento solar e medição individualizada baseado nas soluções propostas pela bibliografia e nos problemas encontrados na prática, através das informações de projeto e produção coletadas nas obras visitadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é fazer um levantamento das alternativas de sistemas de aquecimento solar com medição individualizada de água em edifícios residenciais multifamiliares.

1.2.2 Objetivos específicos

O objetivo específico é comparar e analisar soluções propostas em bibliografias com situações reais de edifícios com sistema de aquecimento solar e sistema secundário, a gás ou elétrico, juntamente com a medição individualizada de água.

Identificar as dificuldades para implantação do conjunto durante a execução das obras para que essas informações possam auxiliar projetistas e construtores na escolha dos sistemas mais adequados considerando-se as características físicas de cada edifício e das tecnologias disponíveis. Desta forma, o uso da luz solar como fonte de energia para o aquecimento de parte da água a ser utilizada, pode favorecer a economia de dois recursos naturais indispensáveis, água e energia, a partir da conciliação dos sistemas de medição individualizada e aquecimento solar.

1.3 Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho contempla a revisão bibliográfica dos assuntos principais relacionados ao tema e a busca por exemplos reais que possam ser analisados à luz da literatura disponível. Através da leitura de diversos textos sobre sistemas de aquecimento solar (SAS) e sistemas de medição individualizada (SMI) informações foram coletadas e organizadas para esclarecer as possibilidades disponíveis na solução desses casos.

Através do contato com colegas de trabalho e consultores especialistas em sistema de aquecimento solar, visitas às obras e estudos de projetos ainda não executados trazem informações para que sejam avaliadas as formas de implantação dos sistemas e a viabilidade de cada um deles.

Os pontos críticos e as principais dificuldades encontradas desde a concepção dos projetos até a instalação dos equipamentos são levantados nos estudos de caso, com o objetivo de comparar as soluções adotadas em cada situação. A Figura 1 mostra um fluxograma para o desenvolvimento da monografia.

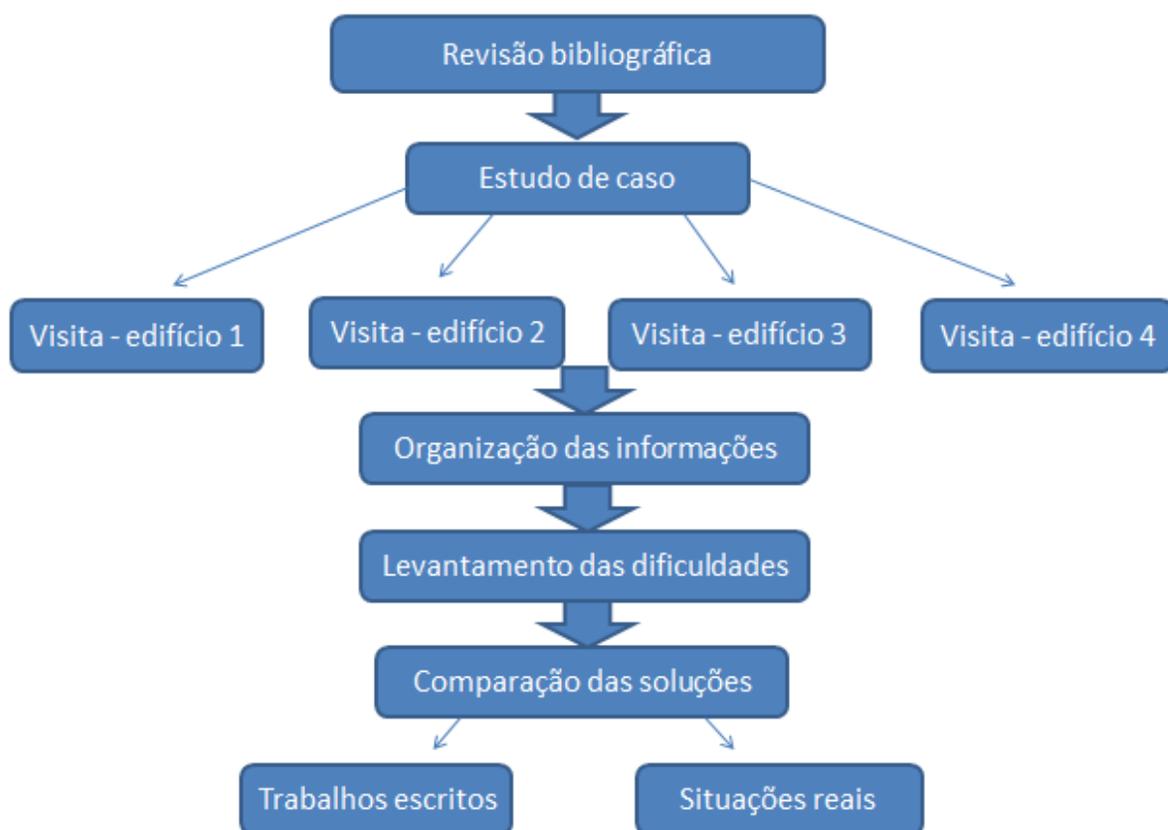


Figura 1: Esquema ilustrativo da metodologia para desenvolvimento do trabalho.

Em resumo, a metodologia adotada para escrever o trabalho segue as seguintes etapas:

- leitura de normas, leis, teses, dissertações, artigos e textos em geral para elaboração da revisão bibliográfica sobre os assuntos aquecimento solar e medição individualizada de água;

- levantamento dos aspectos a serem avaliados na implantação de sistema de aquecimento solar em conjunto com medição individualizada para edifícios residenciais multifamiliares;

- verificação dos pontos positivos e negativos de cada sistema e suas interferências;

- estudos de caso, com visitas a quatro canteiros de obra, para levantamento das dificuldades encontradas durante a instalação dos sistemas de aquecimento solar e medição individualizada de água;

- análise das soluções mais comuns encontradas visando reduzir o número de interferências e incompatibilidades entre os projetos e, conseqüentemente, as definições deixadas para o canteiro de obra.

1.4 Estruturação do trabalho

No capítulo dois são abordados diversos tipos de sistema de aquecimento de água, considerando diferentes fontes energéticas e de reservação. O intuito é deixar claras as vantagens e desvantagens de cada um deles para o uso em edifícios residenciais.

O capítulo três é dedicado à explicação do sistema de medição individualizada de água que está presente na maioria dos empreendimentos novos, pois se tornou uma exigência de mercado em função da tendência à racionalização de recursos naturais, por propiciar uma gestão adequada de água e uma divisão mais justa do consumo de cada apartamento.

A junção dos dois assuntos é apresentada no capítulo quatro, no qual são discutidas as possibilidades de compatibilização dos dois sistemas em um mesmo edifício.

O capítulo cinco relata os estudos de caso feitos em empreendimentos que possuem sistema de medição individualizada e que atendem a nova lei do aquecimento da água para edifícios com quatro ou mais banheiros através da energia solar. Aspectos relacionados aos projetos e processo de aprovação na prefeitura para execução da obra, além da compatibilização entre os sistemas hidráulicos, que agora são mais sofisticados, e a arquitetura, dificuldades na execução em função do pouco conhecimento da mão de obra, e a viabilidade do sistema, tanto para o construtor quanto para os futuros moradores e condomínio serão abordados.

Os resultados e discussões da instalação e uso dos sistemas possíveis são discutidos no capítulo seis, buscando demonstrar ao leitor quais as soluções para manter a medição individualizada de água nos edifícios residenciais por uma demanda de mercado e, ao mesmo tempo, atender às exigências da lei do aquecimento solar implantada em São Paulo.

As considerações finais são apresentadas no capítulo sete para concluir os resultados deste estudo.

2. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR

Há cinco anos, em São Paulo, foi aprovada e instituída a lei 14.459 (São Paulo, 2007) que determina que todas as novas edificações construídas na capital paulista recebam a infraestrutura para instalação do sistema de aquecimento solar de água. As edificações com quatro ou mais banheiros deverão ser entregues com todo o sistema instalado e funcionando, sistema este caracterizado por captadores solares, reservatórios térmicos e aquecedores auxiliares.

Nessas edificações, o sistema de aquecimento solar deverá ser dimensionado para suprir 40% da demanda anual de energia necessária para o aquecimento de água sanitária e de piscinas. Em função desta nova lei, projetos aprovados a partir de julho de 2008, devem cumprir as regras do aquecimento solar, o que levou construtores e projetistas a buscar soluções e aprofundar as pesquisas sobre o assunto. O trabalho de consultores e fornecedores de placas solares tem contribuído para solucionar as dúvidas de engenheiros e arquitetos que não tinham este tema até então presente em seu dia a dia.

No caso de edificações residenciais com até três banheiros por unidade, as construtoras devem entregar ao condomínio uma infraestrutura que permita a instalação futura do reservatório térmico e das placas coletoras de energia solar. A lei vale também para imóveis de uso não residencial, entre eles hotéis, motéis, clubes esportivos, casas de banho, saunas, academias, escolas de esporte, quadras esportivas para locação, clínicas de estética, cabelereiros, hospitais, unidades de saúde e casas de repouso, escolas, creches, abrigos, asilos, albergues, quartéis, indústrias e lavanderias, essas construções devem receber todo o sistema de aquecimento, incluindo captadores solares, reservatório térmico e aquecimento secundário.

Para o uso de água aquecida em piscinas, a fonte de energia também deve ser solar, em função do volume de água necessário. Portanto a lei também obriga edificações novas e antigas a atenderem essa exigência.

Segundo o prefeito Gilberto Kassab, apesar de o Brasil ter uma condição de insolação generosa e constante durante o ano todo, o uso da energia solar ainda é incipiente se comparado a países como a Áustria que pode aproveitar este sistema em alguns meses do ano apenas. Por este motivo, acredita que a existência de uma legislação para disseminar este sistema é essencial. Segundo o governo, o aumento de custos, tanto com projetos de hidráulica, que ficam mais complexos, quanto com materiais para realizar as instalações, deve ser compensado ao longo do tempo através da economia com a redução de gastos com outras formas de energia. Além disso, a luz solar é uma forma sustentável de fonte de calor, pois não emite gases poluentes, ao contrário de outras fontes como a hidroelétrica e os combustíveis fósseis.

Para a análise dos possíveis sistemas de aquecimento de água é importante avaliar o volume de água quente consumido em edifícios residenciais, consumo este que está principalmente relacionado ao uso dos chuveiros. Contudo, há outras aplicações para a água aquecida, tais como cozinha, máquina de lavar louças, lavatório dos banheiros e máquina de lavar roupa, que caracterizam um padrão maior de conforto. Segundo levantamento de dados feito por Rocha, Barreto e Ioshimoto (1999), *apud* Junior, Silveira (2008), um cidadão paulistano consome, em média, 55% do volume total da água com banhos, o que demonstra a relevância da busca por formas mais eficientes de aquecimento de água.

O sistema predial de água quente pode trabalhar de dois modos, através de circuitos direto ou indireto. O sistema direto é aquele em que a água aquecida é a mesma que sai no ponto de consumo. Quando a água quente fornecida pelo circuito principal é usada como fonte de energia para aquecer a água que é efetivamente consumida, através da ajuda de um dispositivo chamado trocador de calor, caracteriza-se como sistema indireto. A Figura 2 mostra um esquema do funcionamento do circuito indireto.

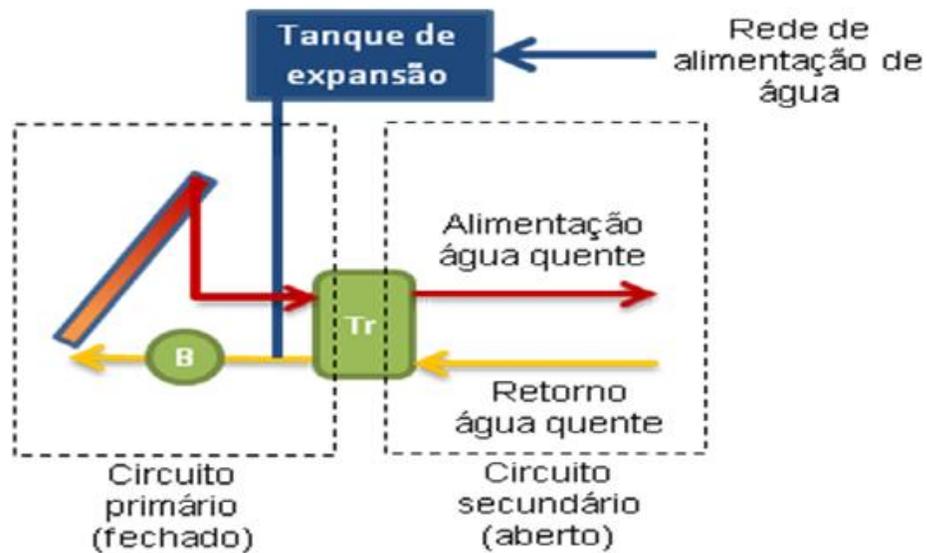


Figura 2: Esquema de circuito indireto para aquecimento de água (COMGÁS, 2009).

Para atender a demanda de um edifício, o Sistema de Aquecimento Solar (SAS) precisa estar aliado a sistemas secundários que são acionados quando há pouca ou nenhuma insolação. Este aquecimento complementar pode ser classificado como central privado, central coletivo ou individual. Os apartamentos que utilizam muita água quente durante o período da tarde, horário de maior incidência de raios solares, conseguem aproveitar mais o pré-aquecimento solar e usam menos o sistema de apoio auxiliar, consumindo menos energia elétrica ou gás. Por outro lado, os que usam mais água quente no período da manhã, quando o pré-aquecimento é menos eficiente, recorrem mais aos sistemas secundários. A opção pelo melhor sistema dependerá das características do edifício tais como espaço disponível no interior do apartamento e na cobertura, padrão do empreendimento, orçamento da obra, entre outros.

2.1 Sistema central privado

O sistema de aquecimento central privado consiste em um equipamento interligado a uma rede de tubulações que distribue água quente para vários pontos de consumo dentro da mesma unidade.

Para um sistema de distribuição de água quente a gás natural do tipo central privado pode-se utilizar aquecedores do tipo passagem (instantâneo) ou de acumulação. O abastecimento de água fria para o aquecedor de acumulação, conforme exigência da NBR 7198 (ABNT, 1993), é normalmente feito através de uma coluna exclusiva. A distribuição de água quente ocorre por meio de uma tubulação dentro do apartamento, do aquecedor até um ou mais pontos de consumo.

Deve estar previsto para este sistema, uma forma de isolamento térmico das tubulações que farão com que a água quente tenha pequena perda de temperatura ao longo do trajeto até o ponto de consumo. Outro cuidado que deve ser tomado em função da distância entre a central e os pontos de consumo, é a previsão de um sistema de recirculação que diminua o tempo de espera para a chegada da água ao chuveiro ou torneira, pois enquanto a água quente fica parada na tubulação, a mesma perde calor para o ambiente diminuindo sua temperatura.

2.2 Sistema central coletivo

O sistema central coletivo caracteriza-se pelo uso de um aquecedor central que atende vários pontos de consumo de água quente como, por exemplo, um condomínio com diversos apartamentos. No caso de edifícios, o sistema composto por aquecedor e reservatório, em geral, localiza-se no barrilete ou no subsolo em função do espaço que ocupam, uma vez que são normalmente de grande porte. Caso haja deslocamento vertical acentuado entre o ponto de alimentação e o sistema central coletivo como, por exemplo, quando o reservatório superior fornece água fria para o sistema instalado no

subsolo, deve-se levar em conta a diferença de pressão entre eles e as condições e especificações dos equipamentos adequadas para resistir a pressões mais altas.

A coluna de água fria que abastece o sistema de aquecimento de água é normalmente exclusiva para este fim, em função de sua vazão elevada, uma vez que o cálculo da vazão de água quente a ser consumida deve considerar o uso simultâneo mais provável dos apartamentos e seus respectivos pontos.

A forma de distribuição da água quente em um edifício pode ser classificada em ascendente, descendente ou mista, todas em função do sentido da alimentação para os pontos de consumo. No primeiro caso, a água obedece a um movimento de subida, ou seja, sai do reservatório inferior já aquecida e sobe para os pavimentos tipo. Já o descendente faz o caminho inverso, pois distribui a água quente ao longo da descida pela prumada, e o sistema misto une as duas formas anteriores.

Para a implantação de um sistema de aquecimento central coletivo que é responsável pela distribuição de água quente em um edifício de múltiplos andares, é necessária atenção ao projetar a rede, pois para que a NBR 5626 (ABNT, 1998) seja atendida, a pressão nos pontos de utilização não deve ultrapassar 400 kPa ou 40 mca. Portanto, para cumprir com essa exigência o usual é subdividir o edifício em grupos de pavimentos, quantos sejam necessários em função da altura do prédio, para determinar as faixas de pressão.

Nos últimos andares, a alimentação tanto da água fria como da água quente, deve passar por um sistema de pressurização para garantir boa vazão nos pontos mais próximos dos reservatórios superiores. Para os primeiros pavimentos, devem ser utilizadas válvulas redutoras de pressão que limitam as pressões de uso e atendem a norma vigente e, por último, para apartamentos localizados no meio da torre, o fornecimento de água pode ser feito por gravidade. Para sistemas que contemplam o uso de trocador de calor em todas as unidades, não há necessidade de válvula redutora de pressão para a prumada de água quente, pois as bombas de recirculação mantêm a água com uma pressão que não deve ultrapassar o limite da norma.

Outro aspecto relevante para a instalação de um sistema central coletivo de aquecimento de água é a manutenção da temperatura da água na rede. Para isso, um sistema com bombas de baixa potência que prevê a recirculação da água em uma rede complementar à rede de fornecimento, além de manter uma temperatura mínima da água quente, contribui para evitar o desperdício do insumo e reduz a demora no fornecimento da água.

2.3 Sistema individual

O sistema de aquecimento individual é relativo às situações em que o aquecedor de água atende apenas um ponto de consumo, geralmente localizado próximo a essa fonte de calor, o que dispensa um sistema de distribuição de água quente entre uma central principal e o local de utilização. As fontes de energia mais comuns para esse aquecimento são a elétrica e os gases combustíveis. A infraestrutura para o uso de um sistema auxiliar elétrico é relativamente simples, porém instalar um aquecedor individual suprido a gás natural, por exemplo, exige das construtoras instalações mais sofisticadas.

De acordo com estudos feitos pelo Centro Internacional de Referência em Reuso de Água (CIRRA), citado por Dias (2009), vinculado a Universidade de São Paulo (USP), contrariando o pensamento predominante, a opção de sistema auxiliar ao solar do tipo individual com o uso de chuveiro híbrido, misto de elétrico e solar, é a mais econômica e ecológica atualmente. Em situações de pouca ou nenhuma insolação, através da eletricidade a água é aquecida no próprio ponto de consumo, ou seja, não é necessário aquecer um reservatório de água como nos modelos tradicionais. Outro fator analisado nesta pesquisa foi o desperdício de água que se mostrou inferior para o sistema elétrico, uma vez que a água já sai aquecida assim que o registro é aberto.

Para empreendimentos com menos de quatro banheiros, que terão apenas a infraestrutura para o sistema de aquecimento solar entregue, a opção de um sistema secundário individual e possivelmente elétrico é viável, principalmente em casos de apartamentos menores com apenas um banheiro.

3. SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA

A medição do consumo de água realizada por meio de um hidrômetro instalado em cada unidade consumidora possibilita a cobrança do volume de água consumido em cada unidade, o que torna o pagamento do condômino justo e real. Neste caso, a água consumida pelo condomínio nas áreas comuns, tais como limpezas, manutenção de jardins, piscinas, banheiros e copas, entre outros, deve ser rateada entre todos os moradores do edifício, e somada à cobrança mensal da taxa de condomínio. Esta proposta é, atualmente, a mais difundida entre os novos edifícios, pois contribui e muito com a redução do desperdício de água, ajuda na identificação de vazamentos de difícil percepção, reduz o volume de esgoto e favorece um exercício de cidadania em respeito ao consumo de água doce que possui projeções de escassez para as próximas décadas.

De acordo com Junior e Silveira (2008), em países europeus como a Alemanha, uma norma local vigente obriga todas as unidades das edificações residenciais a possuírem hidrômetros individuais, e em países latino-americanos, essa obrigatoriedade deverá surgir em função da crescente preocupação com a disponibilidade de recursos.

Em locais onde ainda não há um hidrômetro próprio para cada unidade, caracteriza-se um sistema coletivo, ou seja, aquele que possui, normalmente, apenas um medidor dimensionado para atender 100% do consumo de água de um condomínio. É caracterizado por possuir uma instalação hidráulica mais comum, que não depende de detalhes diferenciados em seus projetos, e maior facilidade nas fases de instalação inicial, operação e manutenção posterior. Para as concessionárias, o sistema de medição coletiva facilita a emissão e o controle de cobranças por tratar um número muito inferior de medidores, o que também resulta em uma redução no número de inadimplentes, pois na maior parte dos casos, os condomínios cumprem com os pagamentos em dia, mesmo que não tenham recebido todas as parcelas dos condôminos referentes à fatura específica.

O rateio das medições coletivas pode ser feito adotando-se os seguintes critérios: divisão pelo número de apartamentos, divisão pelo número de moradores e divisão proporcional a área de cada unidade, quando há diferença entre os apartamentos. Todas as formas propostas não permitem que o morador saiba o volume correto que consumiu para que a cobrança seja justa. Além disso, o sistema de medição coletiva não favorece a redução do consumo de água e, conseqüentemente, o volume de esgoto, o que preocupa às concessionárias que já possuem uma demanda muito alta.

Para avaliar a melhor opção entre esses dois sistemas, deve ser levado em consideração o fator desperdício que, infelizmente, ainda é relevante e está presente em alguns hábitos domésticos da população tais como o longo período dos banhos, o descuido com o fechamento de torneiras, os vazamentos não tratados, as lavagens de calçadas, a irrigação de jardins em horários de muita insolação, o uso de máquinas de lavar louça e roupa sem ocupação máxima, entre outros. Certamente não se podem generalizar as atitudes acima citadas, pois existem fatores sociais, econômicos e culturais que influenciam diretamente as estatísticas de consumo de água, mas de modo geral, não há boas perspectivas para redução do uso deste recurso sem responsabilizar os usuários com o custo do que cada um consome.

No Brasil, o procedimento para implantação do sistema de medição individualizada de água ainda não foi normalizado, portanto atualmente os projetistas estão seguindo as normas estabelecidas pela ABNT (NBR 5626) e ABNT (NBR 7198), específicas para sistemas prediais de água fria e água quente, respectivamente, até que suas revisões e atualizações sejam concluídas com a inserção da medição individualizada.

Segundo Coelho e Maynard (1999) entre as principais vantagens do sistema de medição individualizada em apartamentos de edifícios multifamiliares podem ser citadas:

- o usuário paga pelo que realmente consumiu;
- a inadimplência pela falta de pagamento da conta de água prejudica apenas o usuário inadimplente;

- a redução no consumo da água de um apartamento pode chegar a 50% e para o caso do condomínio a economia pode chegar a 30%;
- redução no desperdício;
- maior facilidade na detecção de vazamentos internos aos apartamentos;
- maior satisfação dos usuários, geralmente daqueles cujos apartamentos possuem um menor número de pessoas;
- a economia nos sistemas prediais hidráulicos pode ser de até 22% quando a medição individualizada de água é considerada desde a concepção do projeto arquitetônico;
- aumento do valor agregado do imóvel;
- redução no volume efluente de esgoto com benefícios ecológicos e econômicos.

Os principais objetivos deste tipo de medição são a conscientização dos usuários, para que evitem o uso indevido da água, a cobrança correta do volume consumido por unidade em determinado período, enfim a possibilidade de gestão do uso da água de modo eficiente. A partir da implantação deste sistema, os hábitos relacionados ao consumo de água tendem a mudar. Afinal os usuários passam a pagar pelo que realmente estão consumindo. Fatores sociais e econômicos tornam-se mais relevantes neste momento, pois segundo Peres (2006), em virtude da melhoria do padrão de vida da população, o consumo *per capita* de água vem aumentando. Isto é um indicativo de que a variação do consumo pode tornar-se dependente da renda do usuário. Desta forma, o sistema de medição individualizada mostra-se fundamental para a gestão do consumo de água.

3.1 Configurações de sistemas de medição individualizada

No sistema de medição individualizada há três configurações em função do local de instalação dos medidores. A primeira delas coloca todos os medidores no barrilete do edifício, próximo ao reservatório superior, o que acarreta uma sofisticação no sistema hidráulico em função do volume de tubulação necessária para fazer a ligação de todos os apartamentos ao topo do prédio, conforme apresenta a Figura 3. Esse

sistema gera um custo elevado de materiais e uma dificuldade adicional para a execução da parte hidráulica. Outro fator importante a ser verificado é a necessidade de pressurização dos últimos pavimentos, pois no caso dos medidores posicionados no barrilete tem-se problemas com a pressão mínima exigida por norma nos pontos de uso de 5kPa, uma vez que o hidrômetro acarreta grande perda de carga no sistema, o que dificulta o atendimento da exigência da NBR 5626 (ABNT,1998).

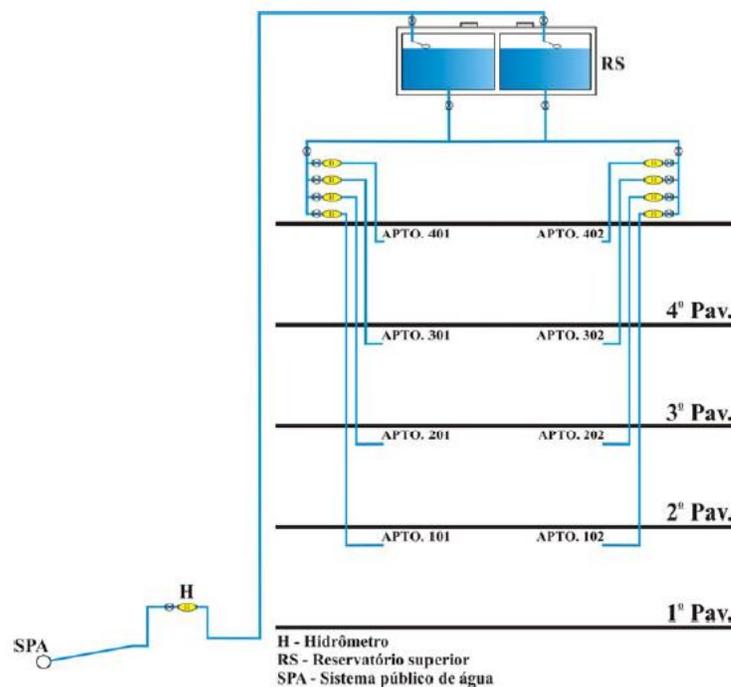


Figura 3: Medidores concentrados no barrilete do edifício (PERES, 2006).

Os mesmos inconvenientes acontecem quando os medidores são instalados no térreo da edificação, ou seja, a infraestrutura necessária para o sistema hidráulico é maior, conforme ilustra a Figura 4.

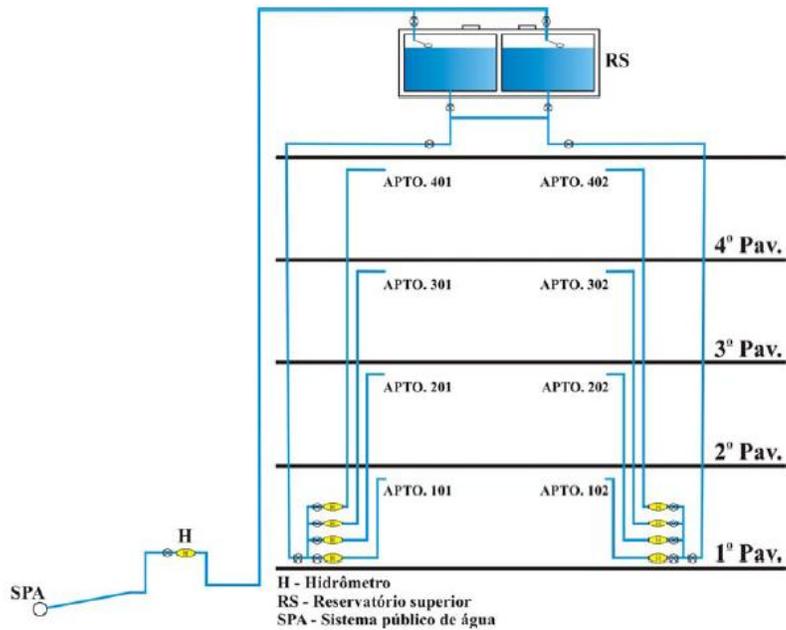


Figura 4: Medidores localizados no térreo (PERES, 2006).

Outro local para instalar os medidores seria no hall de serviço de cada pavimento, agrupando em um mesmo *shaft* os medidores de cada apartamento do andar, segundo a Figura 5. Nesta configuração é necessária apenas uma coluna para atender a todos os medidores, ou seja, neste caso há economia de material e de mão de obra para a execução do sistema. A princípio, para realizar a medição de cada hidrômetro, um funcionário teria que passar por todos os andares, porém, atualmente já existem outros modos de leitura dos consumos.

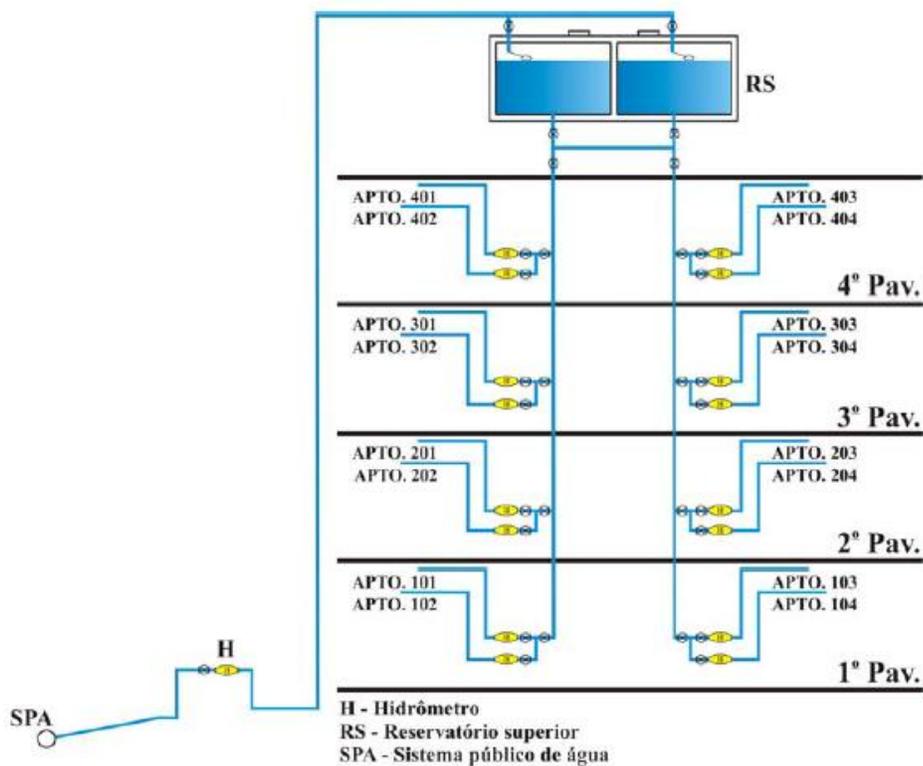


Figura 5: Medidores nos halls dos pavimentos (PERES, 2006).

Atualmente, há uma preocupação dos fornecedores para evoluir o sistema de medição remota. O mais comum entre eles é aquele que envia as informações dos medidores para um concentrador de dados na central de medição, localizada no térreo. Para isso, é preciso além das tubulações hidráulicas, uma prumada de elétrica chamada de barramento de campo, que faz essa interligação. Outros sistemas também existem como o PLC (Power Line Communication), telefonia fixa e móvel.

Já os novos medidores são equipados com dispositivos de rádio frequência, que permitem a medição a longa distância, sem a necessidade de uma sala técnica no condomínio para emissão dos relatórios. Neste caso, o técnico responsável pela medição concentra todos os dados coletados no mês, organiza essas informações e envia uma planilha para a administração do condomínio que fará a cobrança dos consumos. A Figura 6 criada por uma das empresas pioneiras no mercado brasileiro no

ramo de medições individualizadas, mostra como o sistema de leitura via rádio frequência deve funcionar.



Figura 6: Esquema da sequência para leitura dos consumos de água e de gás via rádio-frequência (Liceu de Artes e Ofícios - LAO).

O uso de sistemas de medição remota, que fazem a interligação dos pontos individuais de consumo a um local único de leitura, é extremamente necessário principalmente para casos em que os medidores são instalados dentro dos apartamentos, pois garantem o conforto e a segurança dos moradores, dispensando a necessidade da entrada de pessoas estranhas nas unidades habitacionais.

A escolha pelo local de instalação dos medidores e o tipo de medição remota a ser utilizada devem ser definidos em função de cada projeto, buscando atender as necessidades dos usuários e, conseqüentemente, produzir um resultado visível e vantajoso.

É importante ressaltar que atualmente a medição individualizada é exigida por lei em algumas cidades brasileiras e também se tornou uma exigência de mercado,

principalmente nos novos empreendimentos, pois boa parte da população entende que é essencial ter um medidor por apartamento que garantirá uma cobrança justa do consumo de cada unidade. Questões de sustentabilidade como a provável falta de água doce e a dificuldade de tratamento de todo o esgoto também favorecem o pedido, cada vez mais frequente, dos habitantes das cidades por moradias com medição individualizada.

4. AQUECIMENTO SOLAR EM EDIFÍCIOS COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

A criação da lei municipal 14.459 (2007) aliada à solicitação dos usuários por medição individualizada têm trazido aos primeiros projetos da cidade de São Paulo diversas dúvidas e problemas durante as fases de concepção e execução. Assim, neste capítulo são apresentadas sugestões de compatibilização entre o SAS e o Sistema de Medição Individualizada (SMI) buscando minimizar os reflexos das interferências encontradas a partir do emprego dos dois sistemas.

A expansão das áreas urbanas, o aumento populacional das últimas décadas e o desenvolvimento das indústrias contribuem para o consumo de recursos naturais e refletem no meio ambiente trazendo consequências, muitas vezes, irreversíveis. Visando o bem estar da população e a diminuição das agressões sofridas pelo planeta, novas regras e invenções surgem para minimizar estes efeitos.

O uso da luz solar como fonte de energia está entre as formas sustentáveis de atender as necessidades humanas sem agredir o meio ambiente. Paralelamente, a imposição de critérios para reduzir o consumo de água, que é cada vez mais escassa no planeta e, conseqüentemente, o volume de esgoto produzido, cobrando de cada usuário de um edifício o volume real consumido por seu apartamento, favorece a conscientização da sociedade.

Atualmente, é natural viver em busca constante de soluções para conciliar sistemas inteligentes que resultam em economia financeira do usuário e benefícios ao meio ambiente. A obrigatoriedade para que novos projetos sejam adaptados com sistemas de aquecimento solar, contemplando a entrega com infraestrutura ou com os equipamentos instalados segundo exigências de legislações municipais, é um forte argumento para que a conscientização social se torne realidade. O mercado também tem exigido que a cobrança do consumo de água seja separada, afinal, em São Paulo, por exemplo, os clientes procuram por empreendimentos com essas características o que também força a adaptação das construtoras e projetistas.

4.1 Sistema de aquecimento solar em circuito direto com medição individualizada de água

Tecnicamente, este é o modo mais simples de instalar os dois sistemas, com o único inconveniente o uso do medidor para água quente que não é fabricado no Brasil e ainda tem um custo elevado. Está previsto um sistema de recirculação desta água para reduzir a perda de calor. A Figura 7 mostra as colunas de água quente e a forma de distribuição dentro das unidades.



Figura 7: Sistema direto de aquecimento solar com medição individualizada (FARINA, 2009).

Para edifícios de múltiplos pavimentos, é necessário incluir nesta solução o uso de um sistema redutor de pressão, para que sejam atendidas as especificações

previstas pelos fabricantes dos materiais e pela NBR 5626 (ABNT, 1998) com relação aos limites de pressão permissíveis. Outro ponto relevante é o uso de um sistema secundário de aquecimento da água, afinal em dias com pouca insolação, durante a noite ou mesmo por períodos de sombreamento sobre as placas, o condomínio não ficaria sem ser atendido.

Outras fontes de energia usadas para suprir o sistema solar quando preciso são a eletricidade e o gás natural. Em função do baixo custo, a opção costuma ser feita pelo gás que abastece aquecedores individuais de passagem ou de acumulação. A Figura 8 ilustra um exemplo de sistema direto, aquele em que a água aquecida é consumida, e com previsão para aquecedor de passagem como sistema auxiliar.

A água aquecida pela energia solar desce em uma coluna de distribuição até os medidores específicos para água quente de cada apartamento. Após este medidor, há uma válvula de três vias que avalia se a temperatura da água está adequada para o consumo. Se sim, através dos ramais de distribuição a água chega ao ponto de consumo. Caso a água esteja pouco aquecida, a válvula de controle de temperatura direciona o líquido para o aquecedor de passagem que encaminha a água quente para o chuveiro ou misturador. Para esta situação, em edifícios de múltiplos pavimentos e com pressão estática superior a 400 kPa é preciso prever o uso de válvulas redutoras de pressão para água fria e quente, pois não há um circuito fechado nas prumadas.

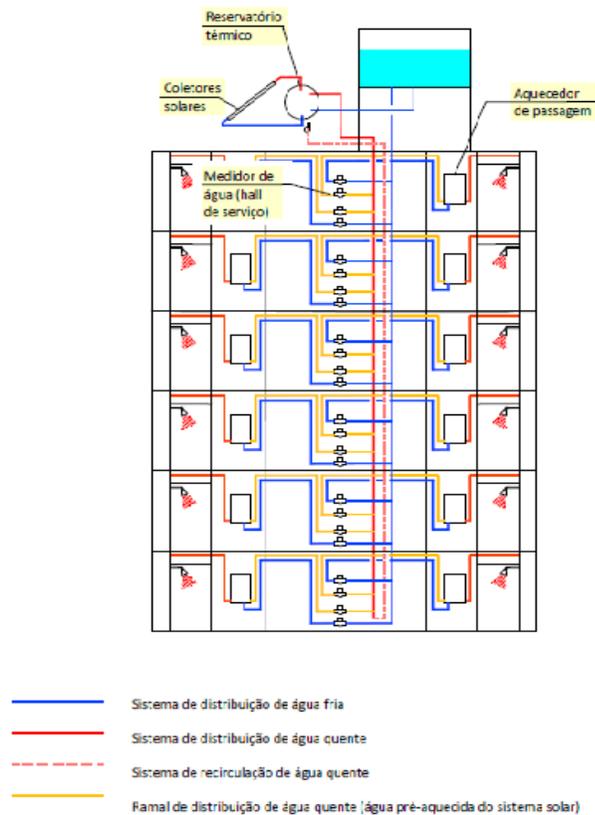


Figura 8: Sistema de aquecimento solar direto com sistema secundário a gás através de aquecedor de passagem (FARINA, 2009).

4.2 Sistema de aquecimento solar indireto com medição individualizada de água

No sistema indireto, a água aquecida pelo sistema solar não é diretamente consumida, ela apenas serve de fonte de calor para aquecer a água que vai para o chuveiro, por exemplo. Dado que o sistema solar deve atender em torno de 40% da demanda anual total, o sistema auxiliar neste caso é o a gás central localizado na cobertura do edifício.

A água quente desce por uma prumada separada e ao chegar a cada um dos apartamentos encontra um medidor de calorías que faz a leitura da quantidade de calor que passa por ele. Em seguida, a água chega a um reservatório térmico onde ocorrem as trocas de calor para aquecimento da água que será efetivamente consumida. A

água que passou pelo reservatório térmico e que perdeu parte do seu calor, volta ao circuito fechado da prumada que mantém esta água recirculando, como mostra a figura 9. O inconveniente deste sistema para a implantação no Brasil é a forma de medição do volume de água quente através de um medidor de calorías, pois este equipamento precisa ser importado e, atualmente, tem um custo muito alto para compor o sistema.

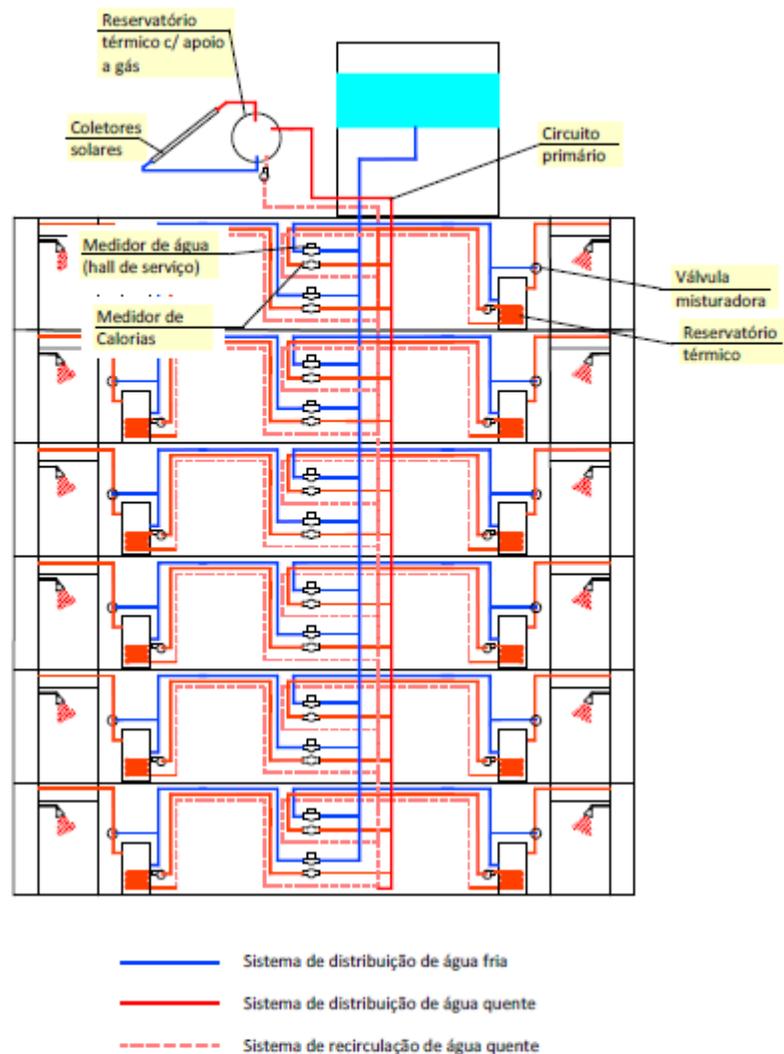


Figura 9: Sistema de aquecimento solar indireto com aquecedor central a gás e medição individualizada de água (FARINA, 2009).

A solução com reservatórios térmicos individuais é menos eficiente que o uso de reservatórios centrais, pois segundo Farina (2009), um estudo feito em um edifício com

52 apartamentos mostrou que o desempenho do sistema central foi 28% maior que a solução adotada por reservatórios em cada unidade. Além disso, a redução dos espaços das áreas de serviço e shafts dos apartamentos tornam-se um fator determinante na escolha por reservatórios localizados nas áreas comuns do edifício como, por exemplo, o barrilete. Para os projetos mais recentes, a sugestão é o uso do trocador de calor por ser um equipamento menor.

No caso de circuitos sem recirculação, a água parada na tubulação perde calor durante períodos ociosos. Quando o ponto de consumo é acionado, ocorre um tempo de espera pela água quente e, nesse intervalo, a água parada, que ficou fria, é descartada. Apesar de não ter sido utilizada, seu consumo é computado pelo hidrômetro.

Nos circuitos com recirculação, a água quente entra no apartamento e abastece os pontos de consumo com temperatura constante. No entanto, apenas parte da água que entra na unidade é consumida, pois o excedente volta para a rede para ser reaquecido. A instalação de dois hidrômetros, um na entrada e outro na saída, e o cálculo do consumo pela diferença de leituras não é confiável, pois os resultados apresentados pelos medidores nem sempre são precisos e a diferença neste caso pode ser acumulativa. Neste caso, uma solução seria adotar o uso de um medidor para água quente, equipamento normalmente importado em função do seu uso ainda ser pouco comum no Brasil, como mostra a Figura 10.

5. ESTUDOS DE CASO

Com o objetivo de enriquecer o conteúdo, alguns estudos de caso com sugestões reais para a compatibilização dos sistemas de aquecimento solar e medição individualizada são apresentadas neste capítulo.

Foram realizadas visitas a obras, entrevistas a projetistas, coordenadores e engenheiros de obras, fornecedores e consultores do assunto. Diversas informações relevantes que retratam o atual nível de sofisticação e dificuldades para uso dos dois sistemas foram encontradas durante o período da pesquisa.

Para o mercado da construção, esta ainda é uma exigência nova, portanto o volume de exemplos em fase de instalação dos sistemas não é grande. Para servir de objeto de estudo, quatro obras são apresentadas. Uma característica comum entre elas é o fato de serem as primeiras, de suas respectivas construtoras, com previsão de entrega dos sistemas funcionando.

As primeiras obras com SAS e SMI estão sendo ou foram recentemente entregues em São Paulo, por este motivo, o desempenho de cada uma das soluções adotadas ainda é pouco conhecido.

5.1 Edifício 1 - construtora A

O edifício número 1 é de alto padrão e possui dezesseis pavimentos tipo, sendo dois apartamentos por andar de 158m² cada. A obra está com o revestimento externo (emboço) finalizado, conforme ilustra a Figura 11, e está na fase de acabamento interno.



Figura 11: Edifício 1 – construtora A.

A concepção do projeto hidráulico prevê o uso do sistema de aquecimento solar que será entregue funcionando, pois as características do empreendimento se enquadram dentro da lei municipal. O projeto de prefeitura aprovado prevê a instalação das placas solares somente na cobertura do edifício, e para atender 40% da demanda anual dos moradores, 36 placas devem ser instaladas para compor o sistema. Em função de uma incompatibilidade entre o projeto de prefeitura e o de sistemas prediais hidráulicos, a obra foi executada sem a parte hidráulica adaptada para atender ao SAS, ou seja, não houve uma solução para conciliar os projetos envolvidos. Em função do prazo para a entrega da obra, a construção não contemplou o que seria necessário

para o posterior uso das placas solares. A obra está em uma fase adiantada e, se houver a necessidade de executar o sistema de aquecimento solar, o retrabalho para vários serviços será volumoso.

Uma evidência da incompatibilidade entre projetos e da pouca informação quanto à instalação do sistema de aquecimento solar, o exemplo da Figura 12, prevê os reservatórios para água aquecida pela energia solar locados dentro da casa de máquinas dos elevadores, o que não é permitido pelas empresas de transporte vertical.

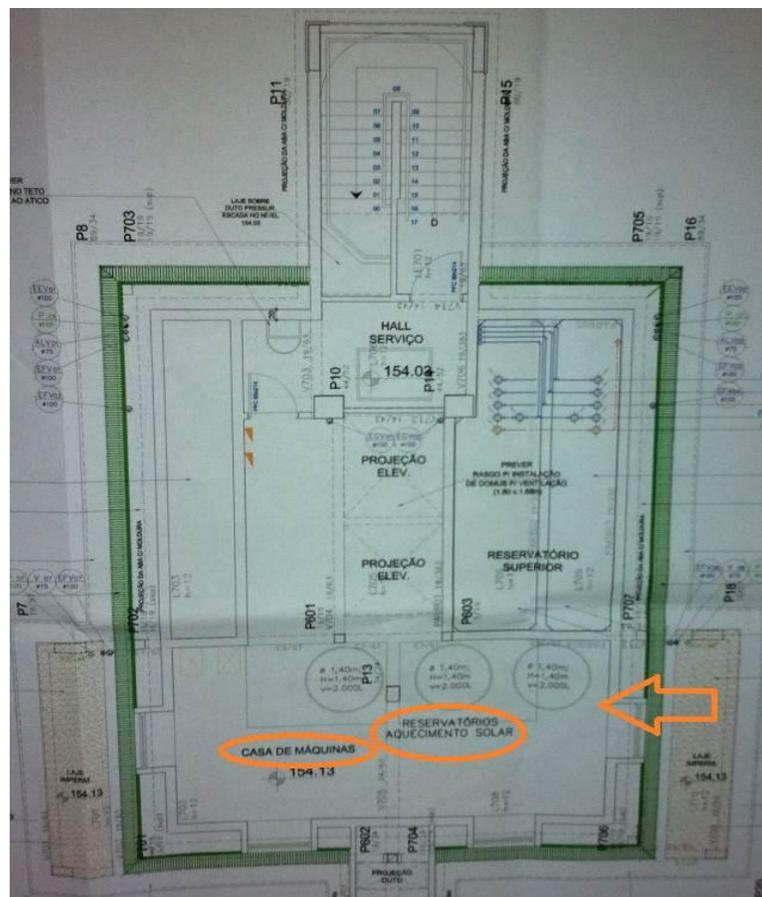


Figura 12: Projeto de instalações do ático com reservatórios de água quente na casa de máquinas.

Para analisar o assunto, a construtora responsável pela obra procurou uma empresa especializada em SAS para prestar-lhes uma consultoria. O relatório

elaborado pela contratada apresenta a impossibilidade de atendimento do projeto de prefeitura e justifica tal fato pela falta de espaço na cobertura do edifício para a instalação das placas solares. A consultoria também sugere ao cliente que este relatório faça parte da "defesa" da construtora perante o órgão público no caso do não cumprimento do projeto aprovado pela prefeitura para liberação da moradia no empreendimento, ou seja, o Habite-se. Até o presente momento, nenhuma definição foi dada para este caso, pois a construtora avalia qual será a estratégia mais adequada.

Atualmente, para aprovar um projeto na prefeitura da cidade de São Paulo, o prazo mínimo é de seis meses, caso não haja qualquer situação adversa como, por exemplo, a presença de árvore na área a ser construída ou a contaminação do solo que possa burocratizar mais o processo. Em função da quantidade de apartamentos vendidos e do prazo das obras, que é cada vez menor, as construtoras buscam agilizar o processo de aprovação para que o início da construção aconteça sem atrasos no cronograma físico.

Para empreendimentos que devam instalar o sistema de aquecimento solar, como é o caso deste exemplo, é comum a construtora declarar à prefeitura que o projeto prevê espaço e condições de instalação do SAS, para conseguir a aprovação do projeto no período mais curto possível. Caso a construtora leve à prefeitura um projeto que não atenderá a lei, a justificativa para tal pode burocratizar e prolongar o prazo de aprovação, pois o corpo de funcionários que trata destas aprovações não possui conhecimento técnico suficiente para avaliar se realmente não há possibilidade de execução do sistema. Portanto, outras análises devem ser feitas para definir qual será a condição de construção do empreendimento. Desta forma, a variável tempo torna-se determinante e as empresas do ramo construtivo costumam optar por assumir a execução do sistema solar, o que neste caso tornou-se um desafio.

A apresentação de um relatório de empresa terceirizada, provavelmente não trará à construtora a revisão do projeto de prefeitura aprovado. Neste caso, a construtora terá problemas com a legalização do empreendimento e liberação para moradia (Habite-se). Uma solução não tão viável, mas possível, seria adaptar o edifício

para receber as instalações do SAS e adquirir placas solares mais eficientes que consigam atender o aquecimento de água para a demanda necessária dentro do espaço existente na cobertura. Neste caso, a construtora deverá ter um gasto de infraestrutura maior para a compra dos equipamentos que atendam a exigência legislativa.

5.2 Edifício 2 - construtora B

O edifício possui quinze pavimentos e quatro apartamentos por andar, sendo quatorze tipos e uma cobertura. O sistema de aquecimento solar com medição individualizada empregado possui circuitos direto e indireto, com aquecedor central a gás como sistema auxiliar.

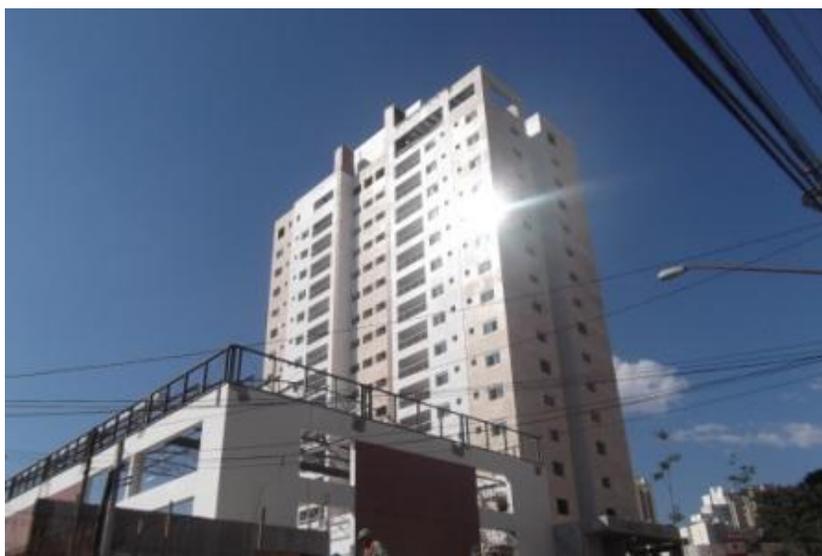


Figura 13: Edifício 2 – construtora B.

O projeto hidráulico contempla a entrega do empreendimento com o sistema de aquecimento solar em funcionamento, porém poucos detalhes foram descritos e definidos no projeto inicial. Para auxiliar no processo de implantação, a construtora contratou um consultor que, juntamente com o engenheiro da obra e com o projetista de sistemas prediais, encontrou a solução que está sendo adotada.

A água quente proveniente do sistema solar e, quando necessário, do sistema secundário, desce pela prumada principal, passa pelo medidor de água quente e em seguida por uma válvula de retenção, que protege o refluxo da água para o medidor, até atingir o ponto de consumo. Quando o registro de pressão é fechado, a água

quente que está na tubulação passa por uma bomba que direciona essa água para dentro do trocador de calor, com a intenção de manter a água quente do circuito fechado do apartamento sempre aquecida. Um termostato pré-programado, dentro de um painel de controle, reconhece quando a temperatura da água cai 4°C e aciona essa recirculação para evitar a perda de calor, conforme ilustrado na Figura 14.

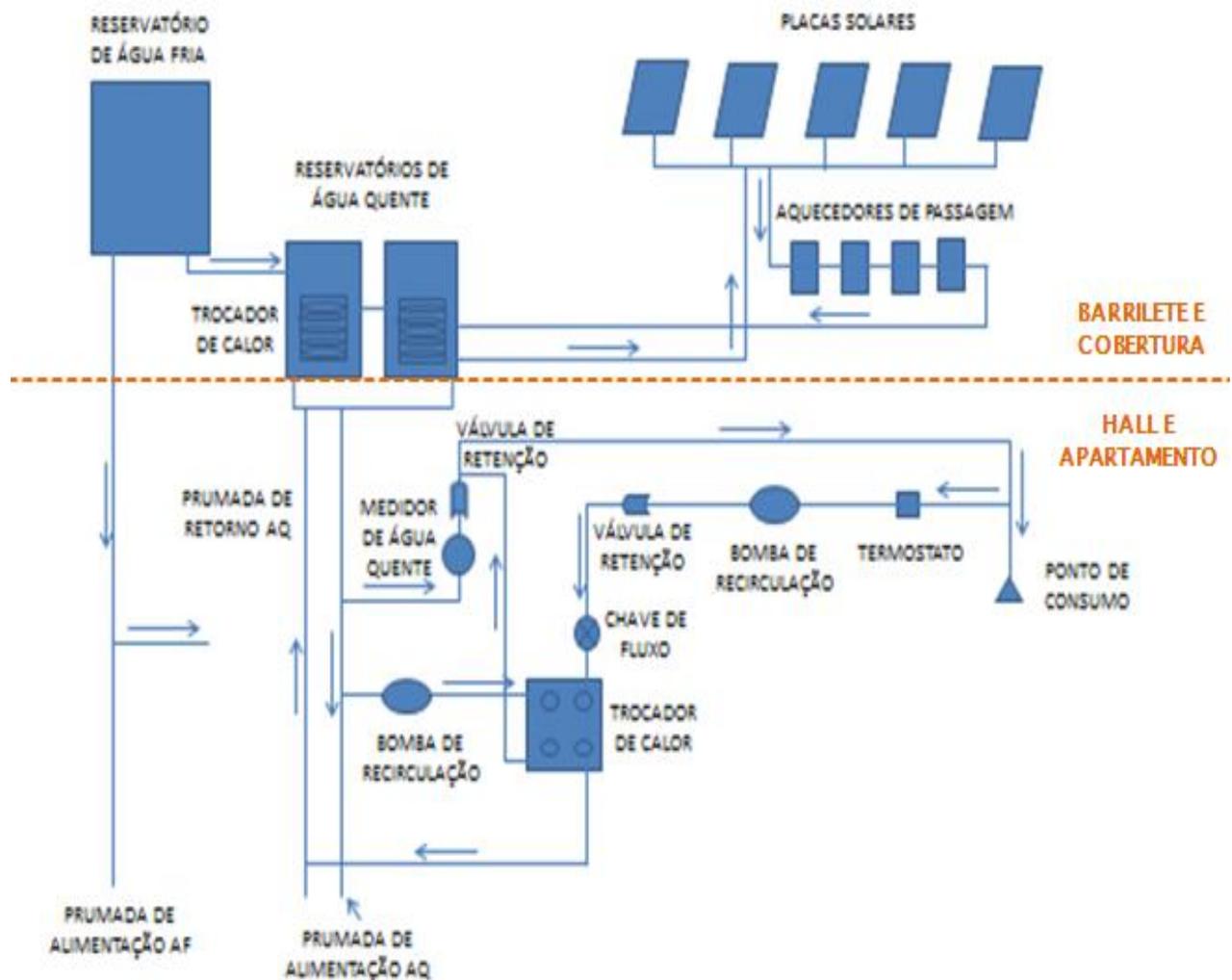


Figura 14: Esquema do sistema de aquecimento central coletivo com circuitos direto e indireto.

Segundo a Figura 14, na mesma prumada de água quente, existe uma conexão com outra bomba de recirculação que controla a água que entra no trocador para aquecer a água que vai ser consumida. Uma prumada de retorno ao reservatório de água quente é prevista para recolher a água que já passou pelo trocador de calor. A bomba responsável pela recirculação da água da prumada é acionada através de uma chave de fluxo que permite a entrada da água aquecida, porém com temperatura abaixo do programado para consumo, no trocador de calor para receber mais calor da água da prumada.

O volume diário estimado de consumo de água quente é de 27.840 litros e para ser atendido foi feita uma previsão de 96 m² de área coletora distribuídos em 48 placas, o que mesmo tratando-se de um último andar duplex, pode ser totalmente acomodado na cobertura da torre.

Os principais equipamentos, placas solares, reservatórios e bombas são de fornecedores distintos. As placas serão colocadas sobre bases de alvenaria na cobertura e uma tubulação em cobre, apresentada na Figura 15, faz a interligação entre essas placas e os reservatórios.



Figura 15: Tubulações em cobre que estarão ligadas as placas solares.

A energia solar aquece uma água que circula em um circuito fechado (sistema primário) que, de forma indireta, transfere calor para a água recalcada do reservatório inferior. A água aquecida fica retida em um reservatório localizado dentro do barrilete do condomínio. Ao lado, fica o sistema de aquecimento secundário, que neste caso é central a gás. Para alimentar os apartamentos, a água deve estar em temperatura adequada. No caso de estar mais fria que a temperatura de consumo, recebe o reforço do sistema a gás, e se estiver muito quente, acima de 60°C, precisa ser resfriada, pois apesar de estar respeitando a temperatura máxima permitida pela NBR 7198 (ABNT, 1998) de 70°C, é considerada alta para a média de consumo.

Quatro prumadas específicas descem dentro de um *shaft* e nos andares são desviadas para cada apartamento, onde encontram o medidor de água quente e o registro geral, como mostra a foto da Figura 16.



Figura 16: *Shaft* no hall de serviço com parte da instalação do sistema.

Os tubos são isolados termicamente com espuma de polietileno para evitar a perda de calor da água, conforme Ilustrado na Figura 17.



Figura 17: Colunas de distribuição de água quente, dentro do *shaft*.

De acordo com o programa ProAcqua da Sabesp é fortemente recomendável que os medidores individuais de água sejam instalados sempre na horizontal e com o relógio posicionado para cima, para evitar erros na leitura do volume consumido. Neste empreendimento, em função da falta de espaço no *shaft*, esta regra não pode ser atendida, como mostra a Figura 18.



(a)



(b)

Figura 18: Ramais de água fria (a) e de água quente (b) de cada apartamento, localizados no *shaft* do hall, com instalação dos medidores a jusante dos registros.

Ao entrar no apartamento pela área de serviço, na tubulação é instalada a bomba para recirculação da água quente do circuito interno do apartamento, como mostra a Figura 19. O funcionamento desta bomba é comandado pelo painel de controle que reconhece quando a temperatura da água começa a cair.

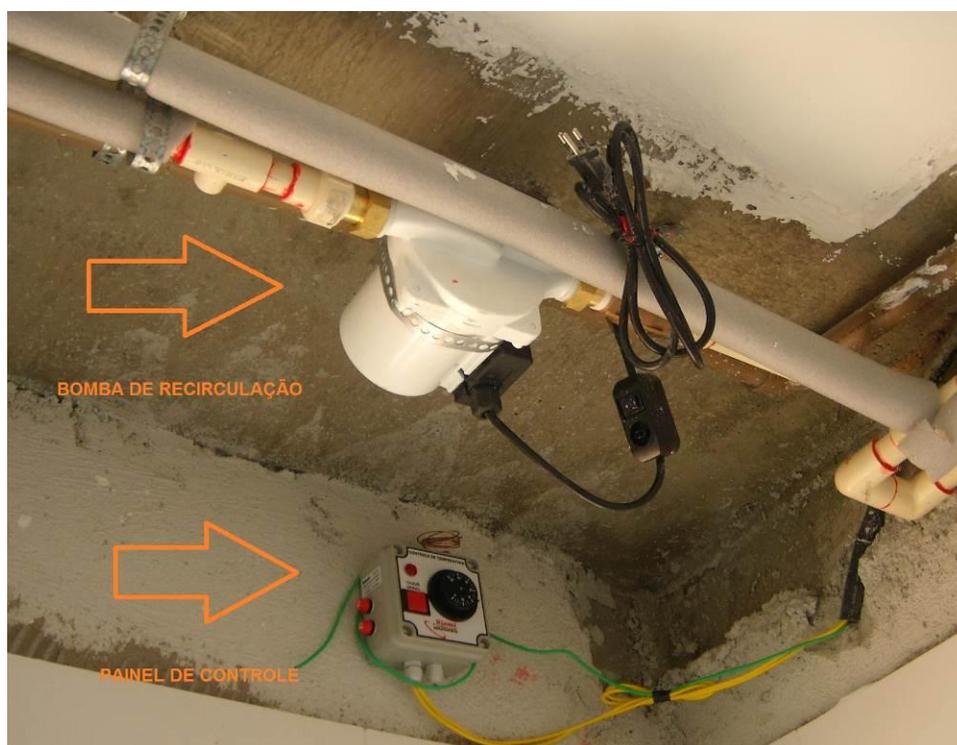


Figura 19: Bomba de recirculação do circuito interno e painel de controle – local teto da área de serviço.

Em função do número de pavimentos, o projeto de hidráulica prevê o uso de um sistema de pressurização para os três últimos andares, pois não há pressão suficiente por gravidade, e uma estação redutora de pressão no subsolo, responsável pela redução da pressão na tubulação que atende os primeiros andares. Em geral, tem-se um sistema com essas características apenas para a prumada de água fria, porém para edifícios com o SAS e sistema secundário central coletivo é preciso prever válvula redutora e bomba pressurizadora para a prumada de água quente, o que aumenta a complexidade da instalação.

5.3 Edifício 3 - construtora C

O edifício é dividido em 24 pavimentos tipo, com quatro apartamentos por andar, todos com quatro banheiros. A obra está quase concluída, conforme ilustra a Figura 20, e em fase de entrega. O sistema adotado é o aquecimento solar com circuito indireto e sistema auxiliar individual com aquecedor de passagem. Os medidores individuais de água e os aquecedores não serão instalados pela construtora, pois o memorial descritivo prevê apenas a infraestrutura de ambos.



Figura 20: Edifício 3 – construtora C.

Neste caso, o sistema de aquecimento consiste em placas solares instaladas na cobertura, três reservatórios que armazenarão essa água aquecida para as quatro colunas de distribuição, sendo uma para cada final de apartamento, trocadores de calor individuais em cada unidade e previsão para aquecedores de passagem a gás.

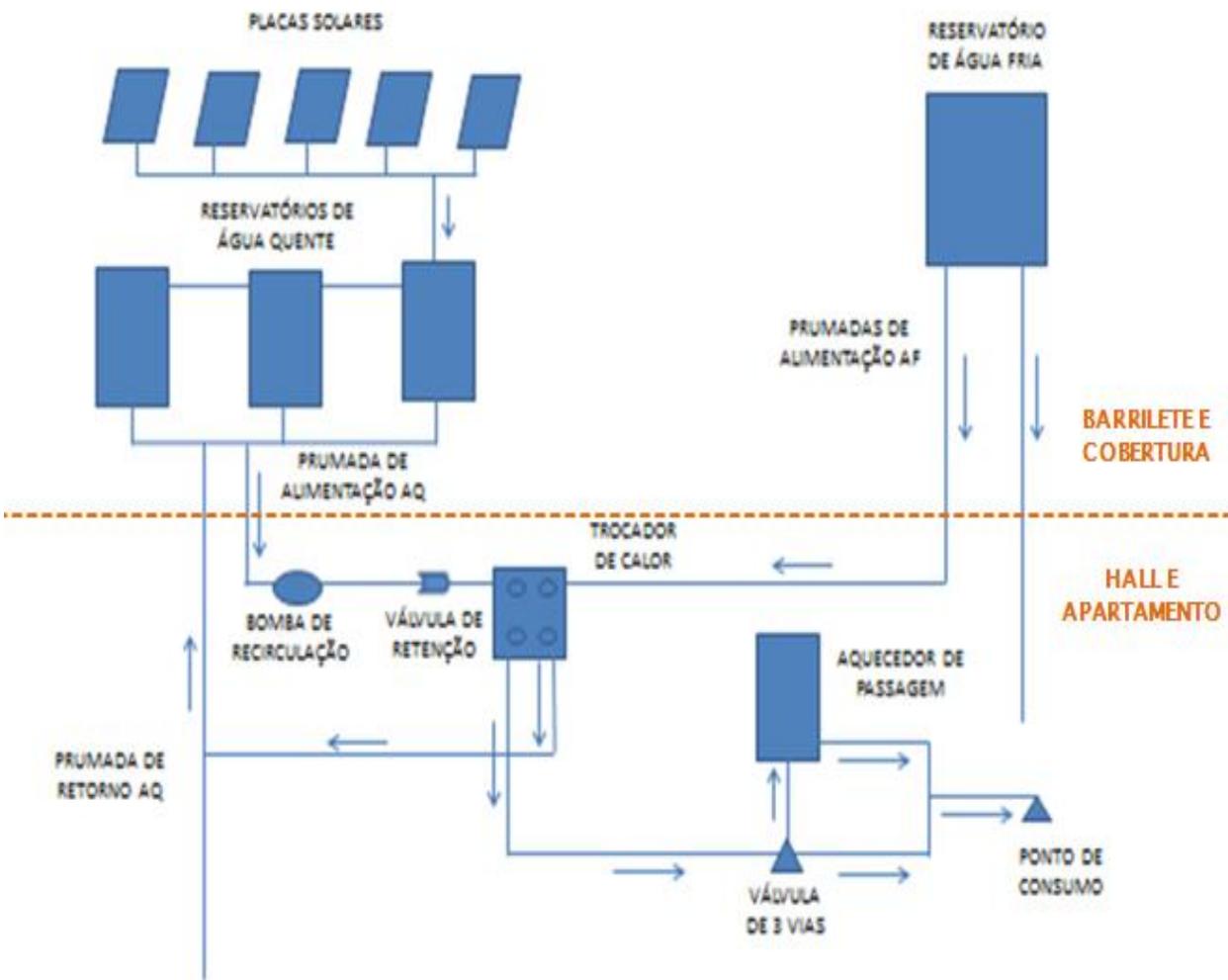


Figura 21: Esquema de sistema de aquecimento central privado com circuito indireto.

O sistema de aquecimento é indireto, pois a água aquecida por meio da energia solar não será consumida e sim utilizada para fornecer calor para a água que chegará aos chuveiros e lavatórios. Na prumada de alimentação, através da ajuda de uma bomba, a água quente recircula para não permanecer parada nos trocadores, como mostra o esquema da Figura 21. No momento em que a água proveniente do aquecimento solar chega ao trocador de calor de cada apartamento, conforme apresentado na Figura 22, um termostato avalia sua temperatura. Caso esteja acima

da temperatura desejada, normalmente 40°C, a água é distribuída diretamente para os pontos de consumo, conforme ilustrado na Figura 23. Se estiver abaixo, entra no aquecedor de passagem para ser mais aquecida.

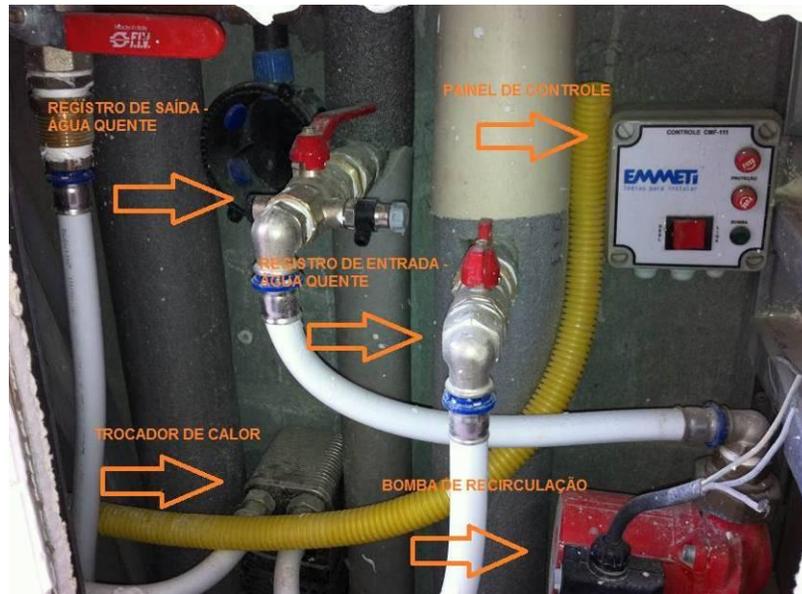


Figura 22: Sistema com equipamentos instalados no apartamento (área de serviço).



Figura 23: Entrada de água quente e fria do apartamento e seus ramais para os pontos de consumo.

A recomendação da Sabesp quanto à posição correta para instalação dos medidores individuais de água será seguida neste empreendimento, conforme Figura 24. Os registros de cada apartamento não podem ser vistos com nitidez, pois aparecem embalados na Figura 24.



Figura 24: Registros dos quatro apartamentos do pavimento e local para futura instalação dos medidores de água fria, no *shaft* do andar.

Para a solução deste empreendimento, o uso do medidor de água quente não é necessário, uma vez que a água quente a ser consumida é aquecida pelo calor da água quente do sistema solar, que passa pelo trocador de calor, ou pelo aquecedor de passagem que está instalado depois do medidor de água fria. Em contrapartida, o morador terá que adquirir o aquecedor de passagem que não é fornecido pela construtora, e instalá-lo na área de serviço, conforme apresentado na Figura 25.



Figura 25: Local para futura instalação de aquecedor de passagem a gás.

Durante a execução de todo o sistema, a equipe de engenharia precisou da ajuda de um consultor para dimensionamento, compatibilização de projetos e escolha adequada dos materiais a serem utilizados. O projeto específico do sistema de aquecimento solar em conjunto com a medição individualizada foi desenvolvido a partir de definições em obra. A obra está em fase de entrega, porém o sistema não foi testado. Por se tratar da primeira obra desta empresa, o resultado do funcionamento desta solução adotada ainda é desconhecido.

Após a etapa de projeto, a execução do sistema foi simples, pois o fornecedor vende os kits de trocador de calor, bomba de recirculação e termostato prontos, desmontados apenas, mas separados por unidade, o que exigiu da mão de obra apenas a montagem e encaixe na tubulação de cada apartamento. Na fase de contratação do empreiteiro de instalações não havia as especificações deste sistema, portanto nenhum custo adicional foi cobrado.

5.4 Edifício 4 - construtora D

O empreendimento contempla duas torres de 22 pavimentos cada, todos tipo, e com quatro apartamentos por andar. A torre com área construída maior tem apartamentos de 110 m², com quatro banheiros cada. O segundo edifício tem unidades com 83 m² e três banheiros, ou seja, poderia ser entregue com apenas a infraestrutura para o sistema de aquecimento solar, segundo a “lei solar” municipal, mas na fase de aprovação do projeto de prefeitura a construtora decidiu instalar em todo o empreendimento o sistema solar. Esta é a primeira obra da construtora D que será entregue com o SAS e SMI instalados.



Figura 26: Edifício 4 – construtora D.

Para armazenar a água quente são previstos doze reservatórios, de dois mil litros cada, e para aquecer a água são 156 placas solares para os dois edifícios. Para cada apartamento o projeto prevê a instalação de um trocador de calor e uma bomba de recirculação que fazem parte do sistema de água quente. Não há pressurizador para atender os últimos pavimentos e a válvula redutora de pressão está prevista para

as prumadas de água quente e fria. A construtora entrega apenas a infraestrutura para medição individualizada, os medidores de água deverão ser instalados pelo condomínio após entrega do empreendimento. Para complementar o aquecimento da água nas situações em que a energia solar não for suficiente, um sistema central a gás entra em ação. A Figura 27 mostra o barrilete de um dos edifícios onde serão acomodados os reservatórios e o sistema de aquecimento central coletivo.



Figura 27: Local para colocação dos reservatórios de água quente.

Os equipamentos não foram instalados em função da fase da obra que será entregue em dezembro de 2012. De acordo com os projetos de instalações e aquecimento solar, feito por uma empresa especializada, os componentes do sistema serão instalados no hall dos elevadores, dentro do *shaft* de hidráulica, o que facilita possíveis manutenções, conforme mostram as Figuras 28 e 29.

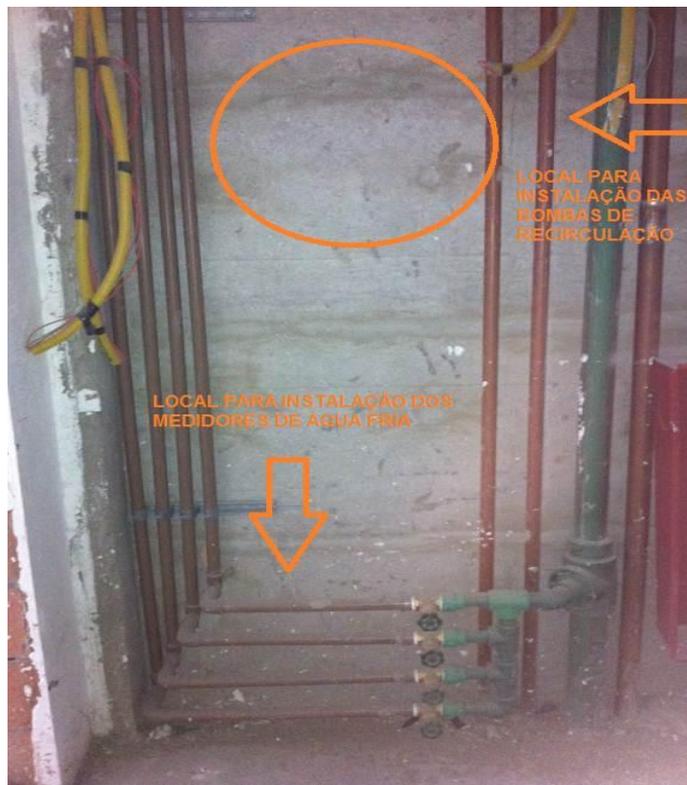


Figura 28: Local para futura instalação dos medidores de água fria e bombas de recirculação (*shaft* do andar).



Figura 29: Tubulações de entrada e saída de água quente de cada um dos quatro apartamentos em CPVC a serem conectadas a prumada correspondente.

Quando a temperatura do coletor solar é maior do que a da água fria do reservatório térmico o sistema solar é acionado e, através do funcionamento de bombas começa a movimentação dos fluidos entre o trocador e o coletor e entre o trocador e o reservatório, promovendo a transferência de calor entre a água aquecida pelo coletor solar e a água armazenada no reservatório. Esse processo ocorre com a ajuda do trocador de calor. Depois de quente, a água passa por uma prumada própria até chegar ao andar de consumo. Dentro desta prumada, a água quente fica recirculando graças ao funcionamento de bombas que puxam para o apartamento a água quente e devolvem água morna para o reservatório térmico. Para isso, o painel de controle com termostato identifica as temperaturas e comanda o sentido de cada água.

Para esta solução é preciso prever o uso de medidor de água quente, pois a água proveniente da prumada principal passa por ele e entra no apartamento para atender os pontos de consumo. O inconveniente deste uso é o fato de ainda não haver no mercado brasileiro a produção deste equipamento, portanto a compra de um produto importado eleva o custo.

O sistema adotado é semelhante ao do edifício 2, porém neste caso não há bomba de recirculação para a água que já está dentro do apartamento, o que deve gerar um consumo de água maior se comparado a um sistema com mais este equipamento. Essa bomba trabalha para que a água quente que está nos ramais de distribuição da unidade não resfrie completamente, pois o reaquecimento até a temperatura adequada aumenta o volume consumido.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a pesquisa e busca por exemplos reais de empreendimentos com sistemas de aquecimento solar e medição individualizada, um ponto comum entre eles foi a falta de informação e detalhamento dos projetos que, muitas vezes, nem mesmo existiam. Portanto, o número de definições e decisões tomadas no canteiro de obras é alto se comparado a outros serviços, o que traz prejuízos para a construtora em relação ao retrabalho ocorrido e o tempo não previsto em cronograma que se perdeu para aguardar fornecedores, mão de obra adequada e soluções possíveis que viessem a atender todas as exigências. Há dificuldades para definir as especificações e fabricantes dos equipamentos também em função da precária compatibilização dos projetos e do pouco conhecimento dos fornecedores em relação ao uso dos sistemas de aquecimento solar e medição individualizada juntos.

Por se tratar de um assunto recente e pouco explorado, as construtoras e projetistas estão se adaptando a esta nova situação. Deste modo, a contratação de consultores especialistas no assunto é de grande valia para definir os sistemas adotados. Em relação ao desempenho destas soluções, não há histórico para contribuir na avaliação das atuais possibilidades, visto que as primeiras obras que conciliam o SAS e o SMI estão sendo ou foram recentemente entregues. Algumas construtoras estão buscando realizar testes antes do uso dos proprietários para averiguar o funcionamento dos equipamentos e reduzir o número de atendimentos no período pós-obra.

Para que a lei solar seja atendida são necessárias adaptações nos projetos que não condizem com a atual oferta de equipamentos no mercado e, principalmente, com o nível de treinamento da mão de obra que projeta e instala o sistema.

A matriz de análise apresentada na Tabela 1 resume as principais características de cada uma das quatro principais soluções que compatibilizam o aquecimento solar e a medição individualizada de água.

Tabela 1: Matriz de análise dos sistemas de aquecimento solar e medição individualizada mais comuns propostos.

Sistemas em Análise	Sistema de aquecimento central - direto	Sistema de aquecimento central - indireto	Sistema de aquecimento individual - direto	Sistema de aquecimento individual - indireto
Pontos de análise				
Níveis de pressão	Necessidade de sistemas de redução de pressão.	Não há a necessidade de redução de pressão.	Necessidade de sistemas de redução de pressão.	Não há a necessidade de redução de pressão.
Custo de instalação	Envolve o sistema central a gás e redutoras de pressão, além das prumadas e redes de distribuição. Alivia o dimensionamento das redes de gás do apartamentos.	Envolve o sistema central a gás e redutoras de pressão, além das prumadas e redes de distribuição. Além disso há conjunto de trocador de calor e bombas de recirculação. Alivia o dimensionamento das redes de gás do apartamentos.	Envolve as prumadas e redes de distribuição do sistema de aquecimento solar.	Envolve as prumadas e redes de distribuição do sistema de aquecimento solar. Além disso há conjunto de trocador de calor e bombas de recirculação.
Modos de medição	Facilmente rateado o gás proporcional ao consumo de água quente.	Difícil o rateio adequado pois há apenas a medição de água fria. O gás do sistema central pode ser rateado proporcional ao consumo de água fria.	Difícil o rateio, pois o consumo de gás, que é individual, varia conforme o horário de consumo atrelado à disponibilidade de água quente do solar.	Difícil o rateio, pois o consumo de gás, que é individual, varia conforme o horário de consumo atrelado à disponibilidade de água quente do solar.
Espaço ocupado	Espaço na cobertura (sistema central) e shafts para redutora de pressão e medição de água quente.	Espaço na cobertura (sistema central) e espaço para trocadores de calor e bombas.	Espaço nos apartamentos para o aquecedor de passagem e para os medidores de água quente.	Espaço nos apartamentos para o aquecedor de passagem e para os trocadores de calor e bomba.
Medição de consumo	Medição de água fria e quente.	Medição de água fria.	Medição de água fria e quente.	Medição de água fria.

Em linhas gerais, a adequação dos sistemas de aquecimento solar e a medição individualizada de água dependem das características do empreendimento, da linha de trabalho do projetista e do valor de orçamento previsto pela construtora para essas instalações. As soluções não são certas ou erradas genericamente, mas estão relacionadas a um conjunto de fatores que vão determiná-las.

Entre os estudos de caso realizados, nota-se o grande volume de interferências e dúvidas para a implantação dos sistemas o que demonstra o despreparo de especialistas conceituados perante o mercado da construção para que a lei seja atendida.

Projetos incoerentes elaborados por profissionais pouco qualificados no assunto de aquecimento solar e medição individualizada e aprovados por um órgão público que também não possui efetivo tecnicamente instruído para analisar a viabilidade de execução dos sistemas, retratam o real despreparo dos grupos envolvidos no cumprimento da lei solar, como está exemplificado no estudo de caso do edifício 1.

As situações ilustradas nos exemplos 2, 3 e 4 sofreram com a busca por soluções possíveis para atender a lei, pois todas são pioneiras no assunto dentro de cada construtora. Consultores foram contratados para acompanhamento desde a fase de projeto, porém dúvidas em relação a fornecedores e equipamentos compatíveis e adequados incrementaram o desafio. O exemplo 3 encontrou mais facilidade na instalação do sistema em função do uso de tubulações flexíveis e previamente montadas, o que, conseqüentemente, pode modificar conceitos e premissas de projetistas e construtores na escolha dos materiais a serem adotados. Outra forma de descomplicar a montagem do sistema e as possíveis manutenções é evitar o uso de tubulações embutidas na alvenaria e aumentar a quantidade de shafts visitáveis e forros com aberturas removíveis, solução também adotada no edifício 3.

Para os exemplos 2 e 4 a solução dos sistemas é muito parecida pois as características dos projetos são semelhantes e o consultor de ambas é o mesmo. Porém, a obra do edifício 2 está mais adiantada e por isso sofreu mais retrabalho em função das incompatibilidades e sugestões que surgiram durante o protótipo do sistema. No caso 4, o projeto de SAS e SMI é mais bem definido e por isso deve causar menos transtornos. Além disso, para o edifício 4 não está previsto um sistema de bombas que recircula a água aquecida dentro do apartamento, evitando o resfriamento total desta água e, portanto, economizando energia e água. Apesar da alteração de custo do sistema para contemplar mais esta bomba, entende-se que há

um ganho em conforto para o usuário que não precisa esperar a água aquecer. Em relação ao exemplo 3, o inconveniente dos edifícios 2 e 4 está no uso do medidor de água quente, equipamento não fabricado no Brasil que tem um custo elevado.

A Tabela 2 apresenta as informações encontradas nas visitas às obras citadas no trabalho de forma uniformizada.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens entre os sistemas dos estudos de caso

EXEMPLO	TIPO DE SISTEMA	ASPECTOS RELEVANTES (VANTAGENS E DEFICIÊNCIAS)
1	Não há um sistema definido	Providências tardias para solucionar o tipo de sistema a ser entregue.
		Projeto aprovado pela prefeitura sem condições mínimas para instalação do SAS - falta de análise técnica.
2	Sistema de aquecimento central - direto e indireto	Recirculação do sistema de água quente dentro do apartamento - economia de água e energia.
		Retrabalho na execução do sistema - incompatibilidade dos projetos e solução tardia.
3	Sistema de aquecimento individual - indireto	Não necessita do medidor de água quente - economia com equipamento.
		Empreendimento entregue sem a realização de testes de uso.
4	Sistema de aquecimento central - direto e indireto	Necessita do medidor de água quente e não tem recirculação de AQ dentro do apartamento.
		Soluções encontradas com antecedência para execução - pouco retrabalho.

O uso de sistemas direto (para a distribuição do apartamento) e indireto (para a alimentação da prumada) no mesmo edifício, encontrado no exemplo 2, é um caso que demonstra a relação entre o estudo bibliográfico e o projeto executivo, ou seja, a partir do conhecimento teórico as soluções devem ser adaptadas para as características de cada empreendimento específico. Analisando as tabelas 1 e 2, percebe-se algumas

alterações e adaptações entre os exemplos apresentados nas bibliografias e os estudos de caso, pois para colocar em prática os sistemas de medição individualizada de água e aquecimento desta mesma água através da energia solar, ainda é preciso desenvolver e testar as soluções propostas.

Os novos processos costumam estar acompanhados de situações de transtorno inicial e necessitam de um período de adaptação, porém deve ser avaliado o reflexo produzido pela nova exigência, neste caso a lei solar, para que o esforço gere resultados significativos para o meio ambiente e para os usuários.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de leis municipais que forçam a adaptação de construtores a entregar novos empreendimentos com instalações favoráveis à redução do consumo de energia e água, podem ser extremamente benéficas ao meio ambiente em longo prazo. No entanto, no caso do sistema de aquecimento solar em conjunto com o sistema de medição individualizada de água, algumas barreiras ainda impedem a sua difusão. A capacitação de profissionais, desde a concepção do projeto até a manutenção do sistema, além do relativo desconhecimento da tecnologia, são os principais motivos que dificultam o desenvolvimento das soluções.

Aliado a uma exigência de mercado, o sistema de medição individualizada de água que possibilita a gestão do uso da água em edifícios, torna as soluções do projeto de sistemas prediais hidráulicos mais complexas para casos de empreendimentos que se encaixam nas especificações ditadas pela lei solar. As possíveis soluções que compatibilizam esses dois sistemas muitas vezes esbarram em custos de equipamentos acima do previsto pelo orçamento da construtora ou mesmo em interferências relacionadas ao espaço disponível para instalação das placas, já que os edifícios com quatro ou mais banheiros, geralmente tem nos últimos pavimentos coberturas duplex, em função do padrão do empreendimento. O custo com a manutenção dos equipamentos também deve ser avaliado, pois se trata de um sistema mais sofisticado com um número maior de bombas, válvulas, trocadores de calor, entre outros.

As situações que se encaixam nesta lei, ou seja, empreendimentos de médio e alto padrão, não representam a maioria dos edifícios da cidade de São Paulo e, portanto, o reflexo do uso da energia solar, conforme orientação legislativa é pequeno se comparado com a energia consumida na capital. Ações do governo para gerar resultados efetivos devem focar a economia de energia em indústrias, edifícios comerciais e residências de todos os padrões, além de políticas de conscientização da sociedade alertando para as diversas formas possíveis de reduzir o gasto com eletricidade.

As soluções encontradas na bibliografia consultada devem servir de base para a análise de cada empreendimento, pois a definição do melhor projeto de SAS com SMI depende das características de cada edifício e da etapa da construção em que as decisões são tomadas. Certamente, o quesito custo é avaliado pela construtora que busca encontrar a solução mais viável para si aliada à satisfação dos clientes. É certo também que o sistema definido em fase de projeto terá muito menos problemas não só na fase de execução, mas nas fases de operação e manutenção.

Assim, conclui-se que não há uma especificação correta para conciliar os dois sistemas em edifícios residenciais, e sim que as características de cada um deles devem ser analisadas na etapa de projeto buscando soluções claras e detalhadas para reduzir o número de dúvidas e de decisões no canteiro de obras.

A contribuição com o meio ambiente certamente é válida, mas deve vir acompanhada de incentivos e condições para tornar os sistemas prediais compatíveis com o nível de treinamento da mão de obra disponível, a tecnologia oferecida no mercado de equipamentos e materiais, conhecimento técnico das equipes de projeto e produção visando o cumprimento da parcela de responsabilidade social de cada empreendedor.

Para atingir a economia de energia com mais abrangência sugere-se que a lei seja revista em alguns pontos como, por exemplo, a obrigatoriedade da entrega de um sistema funcionando imposta para edifício com quatro ou mais banheiros, deve ser estendida para apartamentos menores, com o intuito de atingir um número maior de residências. O volume de água quente proveniente do calor da luz solar também deve ser revisto e adaptado para as características de cada empreendimento. Entende-se que em edifícios com um grande número de apartamentos, a área de cobertura pode ser insuficiente para atender os 40% de consumo anual de água quente previsto pela lei solar, então para esses casos, ao invés de eximir o projeto da responsabilidade de prever o uso das placas, deve-se reduzir o percentual de consumo. Deste modo, empreendimentos com características favoráveis ao uso da energia solar em função da

área de insolação, por exemplo, devem ser mais exigidos que outros em locais com sombreamento.

Na medida em que a lei se mostrar vantajosa para os usuários e construtores, facilitando a instalação e manutenção do sistema, e uma redução efetiva no gasto de cada morador com energia, a aderência à nova situação torna-se natural e até requisitada pela sociedade, como aconteceu com o sistema de medição individualizada que atualmente é uma exigência dos moradores de edifícios residenciais.

Com base na iniciativa do ProAcqua, a criação de um programa voltado para o sistema de aquecimento solar com medição individualizada seria de grande valia para o desenvolvimento deste seguimento, com foco no projeto e na execução, visto que diversas dúvidas ainda são frequentes tanto para projetistas quanto para as equipes de produção.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

CHAGURI, J.J.; JUNIOR, J.J.C. Relatório de implantação de sistema de aquecimento solar – parte 1 – análise dos equipamentos. São Paulo, 2011.

COELHO, A. C. e MAYNARD, J. C. B. **Medição individualizada de água em apartamentos**. Recife, 1999.

COLLE, S. Futuro da energia – o custo solar. **Canal energia limpa**, 2010. Disponível em: <http://canalenergiailimpa.blogspot.com/2010/04/o-custo-solar-por-sergio-colle.html>. Acesso em: 10 abr. 2011.

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO (COMGÁS). Manual de instalações – Sistema de aquecimento solar & gás natural. São Paulo, 2009.

DIAS, H. Chuveiro híbrido de elétrico e solar é a opção mais barata e ecológica. **Casa Abril** (São Paulo), v.32, p. 1, 2009. Disponível em: www.abril.com.br/casa/sustentabilidade/v32. Acesso em: 12 dez. 2011.

FARINA, Humberto, ILHA, Marina S O, OLIVEIRA, L. H. Alternativas para sistemas prediais de abastecimento de água. **Hydro** (São Paulo), v.28, p.54 - 58, 2009.

JUNIOR, W. C. C.; SILVEIRA, A. Caracterização e análise do consumo de água em edifício residencial de Cuiabá/MT para implantação de sistema de medição individualizada de água. **Associação brasileira de recursos hídricos (ABRH)**, p. 3 – 5, 2008. Disponível em: http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste66.pdf. Acesso em: 15 out. 2011.

LICEU DE ARTES E OFÍCIOS (LAO) Sistema de medição via rádio frequência. 2011. Disponível em: www.laoindustria.com.br. Acesso em: 20 nov. 2011

KASSAB, G. Lei torna obrigatória a utilização de energia solar em novas edificações. [Depoimento a Portal da prefeitura de São Paulo]. **Portal Prefeitura de São Paulo**, São Paulo, 5 jul. 2007.

LEI MUNICIPAL Nº 14.459 de 3 de julho de 2007, cidade de São Paulo. Torna obrigatória a utilização de energia solar em novas edificações.

PERES, A.R.B. **Avaliação durante operação de sistemas de medição individualizada de água em edifícios residenciais.** Goiânia, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SABESP – Programa ProAcqua – Disponível em: www.sabesp.org.br. Acesso em: 05 jan. 2012.