

**BERNADETTE VECIA DE MENDONÇA**

**ESTUDO DA PROBLEMÁTICA DA APLICAÇÃO DE COLETORES  
SOLARES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA, NO SEGMENTO  
RESIDENCIAL DE ALTO PADRÃO, COM BASE EM ESCALAS DE  
PROJETO ARQUITETÔNICO E DIMENSÕES DE PLANEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Elétrica

**São Paulo  
2009**

**BERNADETTE VECIA DE MENDONÇA**

**ESTUDO DA PROBLEMÁTICA DA APLICAÇÃO DE COLETORES  
SOLARES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA, NO SEGMENTO  
RESIDENCIAL DE ALTO PADRÃO, COM BASE EM ESCALAS DE  
PROJETO ARQUITETÔNICO E DIMENSÕES DE PLANEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Elétrica

Área de Concentração:  
Sistemas de Potência

Orientador(a): Professora Doutora  
Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas

**São Paulo  
2009**

*Àquelas pessoas que buscam o bem comum:  
Mais do que a ação sobre o efeito, o conhecimento da causa;  
Mais do que instrumento, as mãos que o utilizam;  
Mais do que a aplicação, o contexto;  
Mais do que a conquista pessoal, o mérito com base em bons valores.*

## AGRADECIMENTOS

A: Ricardo Fujii, pelo companheirismo, lealdade, tranqüilidade, suporte, humor e seu coração inimaginável; Antonio, Lourdes e Evana, minha família, que gerou princípios, valores e a crença na conquista de uma sabedoria mais ampla. À Professora Eliane Fadigas, pelo acolhimento acessível, constante e humano que me deu; pela exigência equilibrada com grande delicadeza. Ao PEA e à Capes, pela valiosa oportunidade de fazer o curso de Mestrado em uma nova área do conhecimento.

Aos mestres e colegas que me acompanharam em bancas examinadoras, disciplinas, salas de trabalho, cartas de recomendação, estágios e atividades em grupo. Alguns deles foram incentivadores que reconheceram meu trabalho e me deram oportunidades bem sucedidas em sala de aula, além de serem pessoas muito boas a quem devoto eterna lembrança. Professora Virgínia Parente, Professores Aquiles Grimoni, Oswaldo Nakao, Célio Bermann, Lineu Reis, Murilo Fagá. Os colegas Adriana, Fatuma, Daniela, João, Marcela, Tina, Júlio, Eduardo... Como são muitos nomes, sintam-se representados pelo Professor e Mestre Octavio Afonso que, com sua grande sensibilidade humana, paciência, sabedoria e humildade, dedica seu tempo aos alunos.

A algumas queridas pessoas que exercem suas funções com competência nas bibliotecas, restaurantes e apoios do GEPEA. É indispensável para nós o seu trabalho eficiente, sua gentileza em responder nossos cumprimentos, cartões de Natal e aniversários, cada pequeno detalhe humanizado que nos ajuda e nos motiva nos momentos difíceis.

Às pessoas que me abriram as portas para a pesquisa de campo: condôminos e empresas do setor solar.

E especialmente meus quatro avós, dois tios-avós e dois padrinhos, pessoas que foram passando no decorrer desse caminho e que não posso ver mais, mas de quem me lembro todos os dias.

*“A transição por escolha só poderá ter lugar se um grande número de pessoas reconhecer, na própria transição, uma oportunidade para melhorar o seu grau de bem-estar. Mas para que tudo isso possa surtir efeito no quadro da redução dos consumos materiais que, todavia, vai ser necessária, é preciso que sejam transformados os juízos de valores e os critérios de qualidade que interpretam a idéia de bem-estar”.*

*(Ezio Manzini & Carlo Vezzoli)*

*“(...) a produção do espaço deva ser vista como um processo totalizante e universal, que o espaço, a um só tempo, determinado por e determinante de uma formação social, em suas múltiplas dimensões. A ordenação físico territorial assim produzida apresenta diferentes sub-unidades que desempenham diferentes papéis na totalidade. Mas cabe destacar, sempre, que a visão de totalidade não se contrapõe ao reconhecimento da diferenciação do espaço: o global não é uniforme, subsiste pela heterogeneidade das partes.”*

*(Maria Scussel & Miguel Sattler)*

## RESUMO

A presente Dissertação é um estudo a respeito da problemática da utilização dos *Sistemas de Aquecimento Solar Térmico para Aquecimento de Água com Coletores Planos em Circuito Direto*, no crítico contexto da construção civil paulista para o ponto de vista da Arquitetura e do Urbanismo. Apesar do potencial solar do país e do padrão construtivo dos condomínios horizontais fechados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), ainda não há regulamentação do uso do aquecimento solar térmico em alguns de seus municípios-sede. Atualmente tem havido a adesão espontânea ao sistema por parte de moradores das residências desses condomínios, decorrente da busca da redução dos gastos e da crescente conscientização ambiental e divulgação da tecnologia. Porém, ainda há necessidade de uma relação mais sistêmica dos coletores solares com a totalidade dos requisitos da edificação e do meio urbano, mesmo em se tratando da legislação específica. Buscando uma contribuição, aqui se propõe um modelo de estudo dos coletores baseado em escalas construtivas que, juntamente com a compreensão multidimensional do assunto, desafiam a atual dicotomia entre as ferramentas de qualidade e a sustentabilidade do ambiente construído.

Palavras-chave: Energia solar. Sistemas de aquecimento solar em circuito direto. Integração arquitetônica e urbanística. Condomínios horizontais fechados para residências unifamiliares. Escalas Arquitetônicas.

## ABSTRACT

The present work studies the problematic of using *Solar Hot Water Systems by Direct Circuit*, among the critics characteristics of civil construction in the State of São Paulo, Brazil. The point of view is of Architecture and Urban Planning. In spite of the high Brazilian levels of solar irradiation and the constructive pattern of horizontal closed condominiums of the metropolitan region of São Paulo (Brazil), which possess a large concentration of high incoming households, use of solar water heating is still not regulated in some of its comprising municipalities. Nowadays, the search for savings, diffusion of related technologies and raising environmental awareness have led to voluntary uptaking of such systems. Yet, regulation of solar collectors still lacks relating to certification of sustainable building practices, which does not relate to architectonic factors, in particular to main urbanistic features present in each given installation site. This work proposes an architectonic scale based model of studying it in order to pursuit the end of dichotomy between quality and sustainability.

Key-words: Solar energy. Plain solar collector. Solar thermal systems by direct circuits. Architectonic and urban integration. Horizontal closed condominiums.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ilustração geométrica de ângulos utilizados para estimativa da radiação solar. ....	15
Figura 2.2 - Secção de um coletor solar plano básico.....	20
Figura 2.3 - Perspectiva isométrica de um coletor solar básico. ....	21
Figura 2.4 – Diagrama genérico de um Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto. e detalhe de um de seus subcomponentes: as placas solares.....	22
Figura 2.5 – Diagrama genérico de dois tipos de circulação possíveis para o Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto. ....	23
Figura 3.1 – Exemplo de delimitação do ambiente construído.....	26
Figura 3.2 - Diagrama genérico das opções de instalação quanto à circulação.....	33
Figura 3.3 - “HQE- Visão Francesa dos Alvos da Certificação.....	51
Figura 3.4 – Modelo ideal da influência de grupos dos setores envolvidos na questão solar no processo de Planejamento Urbano com ênfase no SAS-CD.....	56
Figura 4.1 – Detalhe da solução encontrada pelo morador para aquecimento de água por energia elétrica apenas no ponto de consumo.....	90
Figura 4.2 – Localização do Lote 7 em relação ao norte geográfico. ....	98
Figura 4.3 – Pôr-do-Sol em Novembro 2008 sob o ângulo de vista de uma via pública que passa do lado de fora de um dos condomínios horizontais fechados da RMSP.....	100
Figura 4.4 - Entrada da casa de máquinas de residência, com indicação do local onde foi considerada a instalação do reservatório térmico. Condomínio horizontal de alto padrão na região metropolitana de São Paulo. ....	105
Figura 4.5 - Banheiro de uma das suítes de uma residência com deficiências no conforto antropométrico, higrométrico e segurança do SAS. Condomínio horizontal de alto padrão na região metropolitana de São Paulo. ....	107
Figura 4.6 - Arquiteto como coordenador do processo projetual.....	112
Figura 4.7 – Acompanhamento da verificação da parede a ser derrubada e depois refeita para locação do reservatório térmico do SAS-CD.....	114
Figura 4.8 - Condomínio recente na RMSP, próximo à capital.....	115
Figura 5.1 – Edifício Professor George Reinberg, em Viena.....	120
Figura 5.2 – Croqui com base em fotografia tirada em um condomínio fechado da RMSP.....	122
Figura 5.3 - Configuração viária principal dos condomínios da Região de Alphaville .....	125
Figura 5.4 – Na parte superior, fotografias de 1999 e 2009 de uma das entradas principais do Centro Comercial na RMSO. Na parte inferior, a nova portaria com a placa de tarifas (à esquerda) e a ocupação de um dos terrenos principais do local como estacionamento (à direita). ....	128
Figura 5.5 - 1-Poluição das águas frente a um Centro Histórico e moradias da parte periférica que circunda os condomínios. 2- Vista de moradias de condomínio fechado Tamboré, que, à distância, parece reproduzir o adensamento de moradias menos valorizadas da cidade. 3- Novos condomínios residenciais horizontais para classes A e B e trecho desmatado ao fundo. 4- Tipologia da região verticalizada próxima a condomínios horizontais. ....	129
Figura 5.6. Problemática Urbanística e Ambiental em condomínios fechados.....	130
Figura 5.7 - Ilustração da reportagem “De dia falta água de noite falta luz”.....	136
Figura 5.8 – Fluxograma informativo do processo de obtenção da documentação para instalação do SAS.....	141

Figura 5.9 – Relação da redução da autonomia do SAS (com coletores a 45° voltados para o sul na latitude local) com o número de árvores de 9 metros de altura a seis metros de distância.....	143
Figura 5.10 – Utilização dos coletores solares como elementos compositivos bioclimáticos.....	143
Figura 5.11 – Manual educativo da utilização dos coletores solares como elementos compositivos.....	144

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Utilização do Modelo de DUFFIE & BECKMAN (1991) para Cálculo da Radiação Global Média Diária para o Município de Santos (SP). .....	16
Tabela 3.1 - Subcomponentes do SAS e suas funções. ....	28
Tabela 3.2 - Classes da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para Banho e Piscina.....	29
Tabela 3.3 - Relação entre o Volume do Subcomponente Reservatório Térmico (em litros) e a Perda Específica de Energia Mensal (em kWh/mês/litro).....	30
Tabela 3.4 - Matriz proposta nessa pesquisa como modelo de análise da utilização da tecnologia solar sob a ótica de escalas arquitetônicas mais amplas.....	44
Tabela 3.5 - Requisitos de qualidade para o ambiente construído tratados na ISO 6241 nas décadas de 80 (à esquerda) e 90 (à direita).....	46
Tabela 3.6 - Comparação entre a ISO 6241, a LEED e a AQUA. ....	49
Tabela 4.1 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais utilizados para reservatórios, tubulações e isolantes. ....	69
Tabela 4.2 – Principais problemas encontrados no caso 1, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala .....	72
Tabela 4.3 – Principais problemas encontrados no caso 2, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala .....	80
Tabela 4.4 – Principais problemas encontrados no caso 3, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala .....	86
Tabela 4.5 – Principais problemas encontrados no caso 4, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala .....	92
Tabela 4.6 – Problemas no Caso 5 .....	97
Tabela 4.7 - As motivações declaradas pelos depoentes para opção ou não pelo SAS-CD.....	99
Tabela 4.8 – Problemas no Caso 8 .....	106
Tabela 4.9 – Problemas no Caso 9 .....	109

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Gráfico correspondente à manipulação da tabela 2.1 representativo da irradiação global média mensal incidente sobre uma superfície plana em diversas inclinações em relação ao plano horizontal ( $\beta$ ), com planilha (acima) correspondente ao cálculo para a inclinação de 34 graus. ....	17
Gráfico 2.2 - Evolução do Mercado de Aquecimento Solar no Brasil. ....	19

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
- ANSI – American National Standards Institute*
- APO – Análise Pós- Ocupação
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental
- ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
- CPVC - Policloreto de Vinila Clorado
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- GLP- Gás Liquefeito de Petróleo
- GN - Gás Natural
- HQE - Haute Qualité Environnementale*
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- ISO – International Standard Organization*
- LabEE-UFSC – Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina
- LEED- Leadership in Energy and Environmental Design*
- NBR – Norma Brasileira
- PMDEE - Produção Média Diária de Energia Específica
- PME – Produção Mensal Específica
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SAD\_CD Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto
- SAD\_CI Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Indireto
- SAS - Sistema de Aquecimento Solar
- SIA – Sociedade Alphaville-Tamboré

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_{coletora}$  – Área coletora

$C_p$  - Calor específico da água

$E_{perdas}$  - Energia perdida

$E_{útil}$  – Energia útil

$FC_{instal}$  - Fator de correção da inclinação e orientação do coletor solar

$I_g$  - Irradiação média global para a região

$Q_{pu}$  - Vazões dos equipamentos sanitários

$T_{ambiente}$  - Temperatura ambiente

$T_{armazenamento}$  - Temperatura de armazenamento

$T_{consumo}$  - Temperatura de consumo

$T_u$  - Tempo de utilização

$V_{armazenamento}$  – Volume do sistema de armazenamento

$V_{consumo}$  – Volume de consumo

$Z \theta$  - Ângulo zenital

$\rho$  - Massa específica da água

$\beta$ – Inclinação

$\delta$  - Declinação

$\phi$  - Latitude

$\gamma$ - Azimute solar

$\varphi$  – Ângulo de altitude solar

$\theta$  - Ângulo de incidência

$\omega$  - Ângulo horário

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 MOTIVAÇÃO</b> .....	1
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	3
1.2.1 Objetivo Geral .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>1.3 JUSTIFICATIVA</b> .....	4
<b>1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO</b> .....	11
<b>2 FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR TÉRMICO COM COLETORES PLANOS EM CIRCUITO DIRETO</b> .....	12
<b>2.1 A FONTE SOLAR</b> .....	12
<b>2.2 O RECURSO SOLAR</b> .....	13
<b>2.3 A TECNOLOGIA SOLAR TÉRMICA</b> .....	18
<b>2.3.1 Coletores Solares Planos</b> .....	19
2.3.1.1 O Sistema de Aquecimento Solar com Coletores Planos (SAS) .....	21
2.3.1.1.1 Sistemas de Aquecimento Solar em Circuito Direto (SAS_CD) ...	22
<b>3 O SAS_CD COMO COMPONENTE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO</b> .....	25
<b>3.1 ABORDAGENS DO AMBIENTE CONSTRUÍDO</b> .....	25
<b>3.2. INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E URBANÍSTICA DO SAS_CD</b> .....	27
<b>3.2.1 Considerações sobre Aspectos da Normatização do Componente e Certificação dos Subcomponentes</b> .....	27
3.2.1.1 Aspectos predominantemente intrínsecos à Escala 1 (Componente) .....	28
3.2.1.2 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 2 (Edificação) .....	32
3.2.1.3 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 3 (Entorno) .....	35
3.2.1.4 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 4 (Meio Ambiental/ Urbano) .....	36
3.2.1.5 Aspectos Projetuais e Documentais das Normas Brasileiras para o Componente .....	37
<b>3.2.2 Matriz de Interação entre as Escalas Construtivas</b> .....	42
<b>3.2.3 Considerações sobre Aspectos da Normatização e Certificação das Escalas Habitáveis e o Processo de Integração do SAS_CD no Ambiente Construído</b> .....	44
3.2.3.1 Escala 2 (Edificação) .....	45
3.2.3.2 Uma visão dos efeitos da Escala 2 sobre as Escalas 3 (Entorno) e 4 (Meio Ambiente/ Urbano): As Certificações de Sustentabilidade .....	48
3.2.3.3 Uma visão dos efeitos da Escala 4 (Meio Ambiental/ Urbano) sobre as escalas 3 (Entorno), 2 (Edificação) e 1 (Componente-SAS_SD): Indicadores Urbanos de Sustentabilidade .....	52
<b>3.2.4 Considerações a Respeito da Legislação para Coletores Solares</b> .....	53
<b>4 ESTUDOS DE CASO</b> .....	61
<b>4.1 INTRODUÇÃO</b> .....	61
4.1.1 Motivação .....	61
4.1.2 Objetivos .....	61
4.1.3 Aspectos metodológicos .....	61
4.1.3.1 Instrumentos .....	62
4.1.3.2 Limitações .....	62

4.1.3.3 Ética.....	63
4.1.4 Resultados .....	64
<b>4.2 ESTUDOS DE CASO ANTERIORES À NBR 15.569:08 .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.1 Residência 1 – Informações gerais.....</b>	<b>65</b>
4.2.1.1 Escala 3. Entorno imediato.....	65
4.2.1.2 Escala 2. Edificação .....	65
4.2.1.3 Escala 1. SAS.....	66
4.2.1.4 Resultados do SAS no Caso 1 .....	67
4.2.1.5 Considerações.....	68
<b>4.2.2. Residência 2. Informações gerais.....</b>	<b>73</b>
4.2.2.1 Escala 3. Entorno imediato.....	73
4.2.2.2 Escala 2. Edificação .....	73
4.2.2.3 Escala 1. SAS.....	74
4.2.2.4 Resultados do SAS no Caso 2 .....	75
4.2.2.5 Considerações.....	76
<b>4.2.3. Residência 3. Informações gerais.....</b>	<b>81</b>
4.2.3.1 Escala 3. Entorno imediato.....	81
4.2.3.2 Escala 2. Edificação .....	82
4.2.3.3 Escala 1. SAS.....	83
4.2.3.4 Resultados do SAS no Caso 3 .....	83
4.2.3.5 Considerações.....	84
<b>4.2.4. Residência 4. Informações gerais.....</b>	<b>87</b>
4.2.4.1 Escala 3. Entorno imediato.....	87
4.2.4.2 Escala 2. Edificação .....	88
4.2.4.3 Escala 1. SAS.....	88
4.2.4.4 Resultados do SAS no Caso 4 .....	89
4.2.4.5 Considerações.....	89
<b>4.2.5 Residência 5. Informações gerais.....</b>	<b>93</b>
4.2.5.1 Escala 3. Entorno imediato.....	93
4.2.5.2 Escala 2. Edificação .....	93
4.2.5.3 Escala 1. SAS.....	94
4.2.5.4 Resultados do SAS no Caso 5 .....	95
4.2.5.5 Considerações.....	95
<b>4.2.6 As residências que não possuíam o SAS .....</b>	<b>97</b>
4.2.6.1 Caso 6 .....	98
4.2.6.2 Caso 7 .....	98
<b>4.3 OS ESTUDOS DE CASO POSTERIORES À NBR 15.569:08.....</b>	<b>102</b>
<b>4.3.1 Caso 8 .....</b>	<b>103</b>
<b>4.3.2 Caso 9 .....</b>	<b>106</b>
<b>4.3.3 Considerações.....</b>	<b>110</b>
4.3.3.1 Fase de Projeto .....	110
4.3.3.2 Fase de Instalação .....	113
4.3.3.3 Fase de Manutenção .....	114
4.3.3.4 O Cliente no processo: .....	115
<b>5 ANÁLISES DE QUESTÕES A PARTIR DOS ESTUDOS DE CASO .....</b>	<b>118</b>
<b>5.1 A INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E URBANÍSTICA DA ENERGIA SOLAR E OS VALORES CONSTRUTIVOS NO TEMPO-ESPAÇO ESTUDADO .....</b>	<b>118</b>
5.1.1 A Arquitetura .....	118
5.1.2 O Urbanismo.....	122

<b>5.2 INICIATIVAS INTERNACIONAIS RECENTES QUE LEVAM EM CONTA A INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E/OU URBANÍSTICA DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR</b> .....	137
<b>5.2.1 Ordenanza Solar de Barcelona (OSB)</b> .....	137
<b>5.2.2 Iniciativa para Integração Arquitetônica de Coletores Solares na Comunidade de Pays D'Aix (França)</b> .....	140
<b>5.2.3 Energia Solar Térmica no Contexto da Certificação Nacional em Portugal</b> .....	145
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	148
<b>6.1 ASPECTOS GERAIS</b> .....	148
<b>6.2 CONTRIBUIÇÕES</b> .....	151
<b>6.2.1 A Visão Matricial Do Ambiente Construído como Decorrência da Conjunção de Agentes no Processo de Aplicação do SAS_CD</b> .....	151
<b>6.2.2 As possibilidades de questionamento a leis para o SAS_CD a partir do reconhecimento da necessidade da visão do todo do ambiente construído: as certificações como possibilidades.</b> .....	152
<b>6.2.3 O questionamento das certificações: a dicotomia entre qualidade e sustentabilidade</b> .....	153
<b>7 BIBLIOGRAFIA</b> .....	154
<b>ANEXO A – Guia para recolhimento de informações de campo</b> .....	164

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Essa Dissertação foi motivada pela busca de relações entre diferentes campos de estudo, em função de uma abordagem da energia solar no amplo contexto da sustentabilidade do ambiente construído.

Sobre esse ambiente, caracterizado por recursos naturais finitos, o ser humano, condicionado por aspectos diversos (físico-biológicos ou psicológicos, sociais ou culturais, individuais ou coletivos etc.) concretiza seu *habitat*, sendo deste ao mesmo tempo condicionante e condicionado, em todos esses aspectos também.

A visão sistêmica e complexa do ambiente, passível de ser trazida à tona no estudo de edificações e cidades, corrobora a importância da conjunção de conhecimentos em torno do trabalho selecionador/conciliador das variáveis decorrentes. Procura-se minimizar as limitações típicas desse processo através das atividades de projeto e planejamento, cuja efetiva aplicabilidade, por outro lado, é dificultada pelo contexto sócio-cultural, econômico, político e histórico do país. Deste contexto, decorrem típicos problemas manifestados sensivelmente no setor da construção civil.

Apesar das dificuldades de planejamento e interação projetual, consensos importantes como a importância das energias renováveis já estão significativamente consolidados no ponto de vista de importantes envolvidos-interessados. No caso brasileiro, a energia solar tem especial importância, tanto no que diz respeito às saudáveis soluções passivas de iluminação, ventilação e insolação, quanto à utilização do aquecimento térmico de água e futuramente da intensificação do uso da energia fotovoltaica. Isso além das formas indiretas da energia solar, tais como a energia eólica e a biomassa, ou mesmo a energia hidrelétrica na forma de PCHs.

Sendo assim, apesar das dificuldades, a harmonização espacial para necessária coexistência de formas de aproveitamento energético, soluções e tecnologias com benefícios diversos, e por vezes com requisitos arquitetônicos contraditórios, exige conhecimento multidisciplinar de variáveis ambientais, humanas e tecnológicas compostas adequadamente no ambiente.

Ao se incorporarem, por exemplo, as tecnologias de aquecimento solar térmico de água residencial, a conciliação de agentes e a necessidade de harmonia construtiva entre as soluções arquitetônicas (e destas com o antigo paradigma construtivo consolidado das residências e cidades) podem encontrar barreiras em interesses, conhecimentos, visões técnicas fragmentadas e visões políticas competitivas entre os agentes de tais iniciativas. Isso ocorre tanto no que diz respeito à construção civil quanto no que se refere aos instrumentos que visam condicioná-la.

É com origem em tal preocupação que este estudo abordou a problemática da tecnologia solar térmica com coletores planos em circuito direto, cujo crescimento coincide com um momento instigante da História da Arquitetura e do Urbanismo: a profissão tenta superar uma contemporaneidade marcada pelo esvaziamento de sua essência no contexto brasileiro enquanto, paradoxalmente, em outros locais do mundo, admite-se a importância de seu caráter estrutural e estético como agregador dos aspectos técnicos e humanísticos da sustentabilidade do ambiente.

Espera-se motivar a reflexão de muitas outras pessoas, das mais diferentes formações, a respeito desse amplo assunto, em torno da legitimação do interesse pelo bem comum.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Esta Dissertação de Mestrado tem o objetivo geral de estimular a consciência quanto à profundidade da problemática de utilização da tecnologia solar térmica (com coletores planos em circuito direto), sob o ponto de vista sistêmico dos requisitos da edificação e das áreas urbanas que a englobam. Dessa forma, deve-se contribuir para corroborar a indispensabilidade do planejamento em diversas escalas da construção arquitetônica. Este planejamento deve ir muito além da busca de condições ótimas para um único componente tecnológico, seja este a tecnologia solar térmica para o aquecimento de água ou outro componente. Espera-se contribuir para a consciência da necessidade de mútua interação entre diversos setores e agentes em função da real sustentabilidade de novas tecnologias, soluções e ferramentas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Um estudo crítico sobre os condomínios fechados horizontais para residências unifamiliares, onde a utilização da energia solar térmica é crescente, bem como o próprio paradigma, construtivo, arquitetônico e urbanístico que caracteriza esses locais e condiciona essa tecnologia;
- Um questionamento sobre a qualidade total do ambiente e sua relação com a tecnologia solar, dentro do paradigma supracitado, de maneira a revelar a necessidade de novos modelos de abordagem da problemática, que possam, inclusive, ser aplicados para a complexa e diversa combinação de tecnologias e

soluções renováveis, que continuarão advindo de processos de construção, projeto e certificação.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

A importância da pesquisa deve-se a uma relação entre aspectos ligados ao papel da energia solar na sustentabilidade do ambiente construído com os problemas do setor da construção civil do país. Neste, a sub ou má-utilização do potencial da Arquitetura está condicionada às características de um momento histórico muito particular no Brasil para esse campo de atuação. No senso comum e até entre agentes importantes da dimensão técnica e política do setor solar e da própria construção civil, as questões estéticas estão dissociadas da sistematização funcional e técnica das edificações e cidades. Por sua vez, os valores estéticos do mercado imobiliário estão freqüentemente dissociados dos papéis sustentáveis em dimensões sócio-culturais e ambientais que as construções deveriam assumir no meio urbano e regional. Porém, ao contrário, o potencial da Arquitetura está na harmonização entre essas dimensões, de forma a possibilitar uma retomada de sua essência e popularização, conciliando os requisitos técnicos, econômicos, ambientais e sociais das construções através de uma unidade estética e sistêmica entre as escalas da construção. Um exemplo de delimitação dessas escalas consiste em: componentes, edificações, entorno imediato (vizinhança, condomínios ou bairros), cidades e regiões.

O presente trabalho procura identificar criticamente esses aspectos em locais onde se evidencia tanto o potencial de investimento em uma ação projetual e planejadora quanto a tendência e demanda de utilização da energia solar térmica. O trabalho retrata a aplicação da tecnologia referida, sob os impactos do baixo ou equivocado aproveitamento daquele potencial projetual e planejador. Os locais em questão são os condomínios fechados residenciais horizontais, cuja tipologia arquitetônica e urbana se reproduz em diversas regiões metropolitanas, apesar dos diferentes contextos ambientais e urbanos onde se insere. Esse fato, por si só, já merece

importante questionamento sob o ponto de vista da qualidade bioclimática e, portanto, da sustentabilidade.

Assim, o trabalho buscou retratar as tendências subjetivas das escolhas construtivas e da opção pelo coletor solar térmico para aquecimento de água residencial unifamiliar em condomínios horizontais fechados. Buscou retratar também algumas das interações decorrentes desse processo sob um ponto de vista arquitetônico, o qual inclui a apreensão da qualidade do ambiente construído em sua totalidade. Para tanto, procurou exemplos reais da fragmentação nos processos de projeto nesse contexto, bem como considerações sobre o potencial papel das certificações em tal cenário.

Dentre importantes hipóteses que justificaram alguns dos rumos dessa pesquisa estão possíveis relações dicotômicas, ou eventualmente de contrariedade ou superposição, entre certificações de “qualidade” e certificações de “sustentabilidade” e as limitações do atual estado da arte de ambos esses grupos de ferramentas.

Os atuais processos de projeto, por sua vez, podem apresentar intrinsecamente outra dicotomia: entre os estudos da unidade edificada (espaços privativos) e os do seu entorno imediato (espaços vizinhos, condomínios ou bairros), cidade (espaço público) e região (que, hoje em dia, tende a ser delimitada com base na identificação de sistemas sócio-econômico-ambientais<sup>1</sup>). Essa situação é potencializada pela correspondência dessas escalas construtivas na dimensão política, que também as delimita e condiciona a ação dos agentes da construção, de maneira muitas vezes fragmentada.

Nesse contexto, o crescimento dos condomínios horizontais fechados, nos quais os conceitos de *público* e *privado* são mais complexos, criam um paradigma de apropriação do meio ambiental/ urbano cujo questionamento é essencial para a evolução sustentável do Planejamento Urbano e da legislação correspondente que envolva as energias renováveis. Considera-se que a questão específica da tecnologia solar térmica nesses locais, como em qualquer outro, envolve tanto

---

<sup>1</sup> Cf. MAKINODAN & COSTA (2004)

aspectos das unidades edificadas quanto dos seus respectivos espaços vizinhos, públicos, urbanos e regionais, como ficará mais explícito no decorrer do texto.

O cenário em que esse paradigma construtivo e a legislação solar têm lugar é permeado pela ação e interesse de diversos agentes em uma ou várias dessas escalas. São legisladores, construtores, fabricantes e instaladores de coletores solares, organizações não-governamentais, arquitetos, certificadores, bem como clientes e usuários de edificações com distintos interesses, valores, paradigmas, exigências, direitos, necessidades e influências sobre cada escala construtiva.

No meio acadêmico, por sua vez, são freqüentes e importantes as abordagens do projeto de edifícios e cidades em função das crescentes iniciativas para incorporação da tecnologia solar térmica<sup>2</sup>. Porém, ainda parece existir o paradigma da busca das condições ótimas para o sistema de aquecimento solar em si mesmo, quando o ambiente construído deve satisfazer simultânea e minimamente muitos outros requisitos e soluções sustentáveis. Tais requisitos e soluções podem requisitar diferentes partidos arquitetônicos e, paradoxalmente, necessitam da harmonia e da unidade estética e funcional do projeto arquitetônico. O conhecimento aprofundado desses requisitos e a harmonização das soluções dependem da consciência abrangente sobre a qualidade total de um ambiente construído que, de fato, contribua para a sustentabilidade.

Assim, parte-se da premissa de que os requisitos das certificações de sustentabilidade, por exemplo, dentre eles a energia solar térmica, necessitam ser avaliados em seu contexto específico de utilização, ou seja, em escalas arquitetônicas mais amplas do que o componente solar térmico, seus benefícios e seu fim específico.

O estudo da aplicação dos sistemas de aquecimento solar deve englobar o edifício como um todo, através da interação com seus outros componentes e sistemas, como a sua hidráulica e o seu invólucro, que trazem respectivamente à tona questões como a do consumo de água e a da interface urbanística e climática.

---

<sup>2</sup> Cf. SEMINÁRIO-AQUECIMENTO SOLAR NA ATUALIDADE (1993) e BARROSO-KRAUSE & MEDEIROS (2005)

Desse raciocínio decorre que o componente solar térmico, que aqui consiste no Sistema de Aquecimento Solar (SAS) chega a interagir com escalas ainda mais amplas: a interação não existe apenas com o edifício, o entorno imediato e as possibilidades e condições de acesso à radiação solar direta ou difusa de uma única edificação ou de grupos de edificações. Deve-se considerar também que o contexto climático local, (do qual a insolação faz parte), e sua evolução no longo prazo, são condicionados por muitas outras variáveis interligadas que compõem a cidade, tais como: poluição, transportes, adensamento, vegetação e abastecimento de água. A qualidade da água da região, por exemplo, é potencial condicionante do desempenho do equipamento, bem como sua disponibilidade. Em contrapartida, esta pode ser condicionada por alterações no regime de sua utilização, após a instalação do coletor.

Além disso, outras formas de aproveitamento do recurso solar<sup>3</sup> para diversos fins além do aquecimento de água, tais como a energia fotovoltaica e a iluminação natural, igualmente demandam e demandarão no longo prazo, o acesso direto dos ambientes à radiação solar, condicionados por um adequado Planejamento Urbano.

Por isso, ainda que o estado da arte da iluminação natural possa futuramente contar com maior uso dos transportadores de luz<sup>4</sup> para ambientes sem janelas (distantes das paredes externas da edificação), ou que o aquecimento de água venha a contar com outras formas igualmente acessíveis de geração de energia para aquecimento ou resfriamento, a necessidade do acesso visual e higrotérmico direto do usuário à radiação solar, para sua saúde física, psíquica<sup>5</sup> e para a higiene habitacional, exigem que se pense nesse quesito em escala urbana.

Isso deve ocorrer em função da interação arquitetônica do trinômio aquecimento/resfriamento/iluminação possibilitado direta ou indiretamente pela fonte solar. A radiação solar deve ser garantida às edificações, apesar de entraves das

---

<sup>3</sup> Aproveitamento também de soluções passivas, cuja implementação é condicionada pelo entorno da edificação (iluminação natural, insolação e ventilação).

<sup>4</sup> Para maiores informações sobre transportadores e também condutores de luz, cf. WITKOPF, YUNIARTI & SOON (2006), ADVANCED BUILDINGS (2007), BODART & HERDET (2002), NEEMAN (1984) e VIANNA (1980)

<sup>5</sup> Cf. WEBB (2007)

aberturas e transparências, tais como os ganhos térmicos, a poluição visual ou sonora, os riscos de falta de privacidade e segurança dos edifícios abertos ao exterior, em cidades adensadas e socialmente segregadas, ou ainda os riscos de conservação de equipamentos de informática. Sob essa ótica, buscar o acesso da superfície dos coletores térmicos à radiação solar para aquecimento de água na escala urbana pode potencializar a satisfação de muitos outros requisitos importantes para a qualidade do habitar e para o desempenho energético. Mas, para que isso ocorra, deve haver uma visão sistêmica quanto à qualidade da combinação dos componentes de aquecimento térmico de água com outras formas de aproveitamento da insolação no edifício que podem provocar ganhos térmicos. Deve-se considerar a totalidade das escalas construtivas e das fases do ciclo de vida dos componentes no ambiente construído.

Daí a importância do presente estudo para contribuir com ferramentas como as certificações de sustentabilidade, que são alguns dos instrumentos que potencializam a abordagem das energias renováveis no todo do ambiente construído.

As certificações baseadas em metodologias de pontuação e prescrição de requisitos vêm passando por um processo de adaptação a contextos climáticos específicos para a aplicação em diferentes países. Porém, elas ainda sofrem críticas tanto quanto a sua validade para contextos regionais, arquitetônicos e urbanísticos específicos, bem como quanto à sua abrangência da totalidade do ciclo de vida da edificação.

Essa Dissertação procura apresentar elementos para o questionamento às certificações de sustentabilidade do ambiente, quanto retrata a importância da inclusão mais explícita de requisitos de qualidade para uma solução renovável, como o SAS, quando combinada com outros componentes em contextos específicos. Um aspecto importante é a utilização de coletores solares em determinadas tipologias de edifícios sem um projeto de racionalização do uso da água. Através do estudo da problemática, deve ser questionado se, de fato, nesse caso, em determinados contextos urbanos mais distantes da central de abastecimento, como é o caso de crescentes condomínios das regiões metropolitanas, o coletor solar térmico

mereceria de fato a mesma pontuação e avaliação, de maneira independente da existência e das características de outros componentes e sistemas, apesar da importância de sua utilização em todas as regiões do país.

A relação entre os sistemas de aquecimento e o consumo de água é um aspecto já colocado por MESSINA apud GONÇALVES (2008), bem como por JOHN apud PEREIRA (2008), que destacou ainda a variável da distância do reservatório ao ponto de consumo, aspecto este diretamente ligado ao projeto arquitetônico.

Diante dessas hipóteses de contribuição reflexiva, essa pesquisa tem levantado as tendências e entraves para o aproveitamento da energia solar térmica focando condomínios horizontais na Região Metropolitana de São Paulo. A escolha se justifica pelos tópicos abaixo:

- A semelhança climática com o contexto paulistano e da tipologia de edificações residenciais com três ou quatro banheiros, sobre a qual hoje incide a Lei 14.459/07<sup>6</sup>, regulamentada pelo Decreto 49.148 em Janeiro de 2008<sup>7</sup>, e cuja entrada em vigor ocorreu em 19 de Julho de 2008. Por essa lei é obrigatório o preparo ou a instalação do SAS em residências com essa característica;
- A demanda por aquecimento de água, devido à vocação da região para os condomínios residenciais de alto padrão (aqui definidos como os condomínios horizontais que abrigam residências unifamiliares, tendo cada uma no mínimo 3 dormitórios e três banheiros, área social e de serviço completas distribuídos em lotes de no mínimo 300 m<sup>2</sup>). Estes diferenciais urbanísticos e padrão das edificações, apesar da não-regulamentação local, vêm condicionando a utilização espontânea da tecnologia em função da diminuição dos gastos com energia elétrica<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup> SÃO PAULO (2008)

<sup>7</sup> SÃO PAULO (2008)

<sup>8</sup> Segundo PRADO et al.(2007), “[...] estima-se que pelo menos 80% da área coletora solar instalada no Brasil seja destinada ao aquecimento de água para residências unifamiliares; 8% sejam destinadas para instalações residenciais multifamiliares (edifícios). Uma pequena e crescente parcela é destinada ao aquecimento de piscinas e para o setor terciário, principalmente hotéis, motéis, hospitais, creches e escolas. O setor industrial ainda é muito incipiente e participa com menos de 1% da área coletora instalada.”

- Os dados da EMBRAESP (2004), apud OTTAVIANO (2006), que indicam o crescimento da porcentagem de loteamentos horizontais residenciais fechados no total de lançamentos residenciais da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) de 2% em 1992 para 35% em 2004, juntamente com os dados da EMBRAESP & SEADE (2007) a respeito do total de investimentos imobiliários dos municípios de regiões como Alphaville/ Tamboré, entre 2004 e 2007: no caso dessa região o investimento ficou entre 17,8 e 35,2 milhões de dólares, respectivamente nos municípios de Santana de Parnaíba e Barueri, municípios por onde se distribuem esses condomínios. Apesar desse crescimento e valorização, até a data do presente trabalho não houve iniciativas para legislação ou incentivos específicos para a energia solar térmica nessas cidades, o que pode ter um lado positivo de possibilitar uma preocupação futura da legislação local com uma integração da energia solar menos focada em si mesma e mais integrada à preocupação com o desempenho sistêmico do ambiente construído, aproveitando as experiências que deverão decorrer do contexto paulistano, onde igualmente se popularizam os condomínios e loteamentos.
  
- A jurisdição de bairros planejados, que dissemina uma paisagem uniforme, através e apesar de diferentes contextos municipais, permite questionar as formas possíveis para a legislação solar detida apenas na esfera municipal em bairros com tais características, bem como a própria relevância de suas características urbanas para as nuances do aproveitamento do recurso solar e da sustentabilidade. São locais onde a economia globalizada permite a identificação de atores que reproduzem um sistema pouco sustentável no setor da construção civil e riscos para a correta utilização da tecnologia solar térmica;
  
- A área remanescente na RMSP com perspectivas de novos loteamentos possibilitaria maior preocupação com a sustentabilidade, incluindo-se a integração arquitetônica da energia solar, desde o início do planejamento urbano e ambiental dos loteamentos;
  
- Uma região metropolitana com históricos problemas no abastecimento de água, motivando uma preocupação do desempenho conjugado das edificações com coletores no que diz respeito ao aproveitamento do recurso solar e o

desempenho no uso da água, ou seja, sem contrapartidas na elevação excessiva no consumo deste importante recurso, típica de aquecedores de acumulação.

#### **1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO**

No *Capítulo 2* apresentam-se os fundamentos dos Sistemas de Aquecimento Solar com Coletores Planos em Circuito Direto (SAS\_CD) e onde se situam no amplo tema da Energia Solar.

No *Capítulo 3* tratam-se os SAS\_CD como componentes do ambiente construído e da natureza da abordagem escalar desse ambiente, com reflexões a respeito de sua qualidade total.

O *Capítulo 4* consiste na descrição, resultados e considerações sobre estudos de caso em uma pesquisa de campo a partir da abordagem escalar: através desta, são descritas e comentadas situações encontradas no ambiente construído de condomínios fechados horizontais da RMSP relacionadas aos SAS\_CD.

O *Capítulo 5* consiste em considerações mais aprofundadas sobre o que foi encontrado na pesquisa de campo relacionando o cenário multidimensional da Arquitetura e da construção civil aos problemas encontrados na aplicação dos SAS\_CD. Trata-se da visão multidimensional sobre essas escalas em função de novos paradigmas de planejamento que visem a aplicação de tecnologias de forma contextualizada com exemplos de algumas experiências internacionais selecionadas.

O *Capítulo 6* é conclusivo e sintetiza as principais contribuições reflexivas e conclusões da presente pesquisa.

## **2 FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR TÉRMICO COM COLETORES PLANOS EM CIRCUITO DIRETO**

### **2.1 A FONTE SOLAR**

O sol é uma estrela de porte médio com tamanho de aproximadamente 110 vezes o do Planeta Terra (SAAD, 2003) e dela distante aproximadamente 151 milhões de quilômetros (ALDABÓ, 2002).

De acordo com DUFFIE & BECKMAN (1991), é uma esfera de matéria gasosa com  $1,39 \times 10^9$  m de diâmetro. A temperatura em sua região central é estimada em uma amplitude entre  $8 \times 10^6$  a  $40 \times 10^6$  K, possuindo uma densidade de cerca de 100 vezes a da água. A estrela é resultante de um efeito da contínua reação de fusão entre seus gases constituintes sob forças gravitacionais, com destaque para a formação de Hélio a partir de Hidrogênio. A energia produzida em seu interior, a temperaturas de milhões de graus, é transferida para a superfície e então irradiada para o espaço.

A transmissão de energia solar para a Terra se dá através de radiação eletromagnética de ondas curtas, entre 0,3 e 3,0 mm de comprimento (ALDABÓ, 2002). Segundo LORENZO (1994), essa é a radiação extraterrestre, proveniente quase que exclusivamente da emissão em linha reta pelo sol, já que o espaço exterior à atmosfera é desprovido de matéria dispersa significativa. Porém, ao atingir o limite superior da atmosfera terrestre, a radiação sofre uma série de reflexões, absorções e dispersões durante seu percurso até o solo e esses processos estão sujeitos às variações climáticas (ALDABÓ, 2002).

Ao atravessar a atmosfera dessa forma, diversos componentes atuam sobre a radiação, que é parcialmente refletida pelas nuvens e parcialmente absorvida por gases, tais como ozônio, oxigênio e vapor de água. Depois disso, a radiação que chega ao solo é em parte absorvida pelo mesmo e em parte refletida de volta à

atmosfera. LORENZO (1994) e ALDABÓ (2002) explicam que o resultado desses efeitos é a decomposição da radiação solar incidente global sobre um receptor em três diferentes formas:

- A *radiação direta*, composta pela parcela de raios recebidos pelo receptor em linha reta a partir da fonte solar. É influenciada pelo movimento planetário, apresentando variações diárias, sazonais e anuais. Outras variações significativas são previstas por estatística, tal como a incidência média da radiação solar por um período de tempo. A variação planetária e climática em escalas temporais igualmente influencia as demais formas de radiação, também denominadas componentes da radiação global, abaixo tratadas.
- A *radiação difusa*, procedente de todo o céu, excluindo-se o disco solar, atribuída aos raios indiretos e dispersados pela atmosfera em direção ao receptor. Sua medida depende predominantemente da forma, posição e composição das nuvens, portanto, ela é condicionada pelo tempo-espaço de forma complexa;
- A *radiação de albedo*, proveniente de superfícies como a do solo e devida a uma reflexão da radiação incidente sobre elas e dependente de sua natureza. Pode-se intencionalmente interferir sobre esse componente da radiação global através de cores nas superfícies, por exemplo, de tal maneira que contribua favoravelmente para a radiação global desejada e conseqüente aproveitamento do recurso solar em determinado contexto.

## 2.2 O RECURSO SOLAR

Para efeito de aproveitamento energético do recurso solar, o conceito de *radiação* ainda é genérico e exige a relação com outros: *potência* e *energia*, respectivamente correspondentes aos conceitos, mais precisos, de *irradiância* e de *irradiação*.

LORENZO (1994) define a *irradiância* como sendo a densidade de potência incidente em uma superfície ou a partir de uma definição equivalente, que é “a energia incidente em uma superfície por unidade de tempo”.

Já a *irradiação* é definida pelo autor como sendo “a energia incidente em uma superfície por unidade de tempo (ou ao longo de um certo período de tempo, o que resulta conceitos de *irradiação horária*, *irradiação diária* etc.)”.

Conseqüentemente, a unidade de irradiância é medida em kW/m<sup>2</sup> (ou unidade equivalente), enquanto a irradiação é medida em kWh/m<sup>2</sup> (ou unidade equivalente).

A complexidade de variáveis para determinação da radiação que incide sobre superfícies receptoras, potencializando a utilização da radiação solar como recurso, torna úteis modelos que sintetizam dados estatísticos e geométricos, como o de DUFFIE & BECKMAN (1991). Os principais conceitos geométricos, necessários para sua compreensão são, de acordo com PRADO et. al (2007):

Latitude,  $\phi$ : localização angular em relação ao equador, varia de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , sendo o norte positivo e o sul negativo.

Declinação,  $\delta$ : posição angular do sol ao meio dia em relação ao plano do equador.

Inclinação da superfície,  $\beta$ : ângulo entre o plano da superfície e uma superfície horizontal; varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ ;

Ângulo azimutal da superfície,  $\gamma$ : ângulo entre a projeção da normal à superfície e o plano do meridiano local. No norte é zero, para leste é positivo e para oeste é negativo. Varia de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$ ;

Ângulo horário,  $\omega$ : deslocamento angular do sol a leste ou a oeste em relação ao meridiano local, devido ao movimento da terra. O período da manhã é negativo e o da tarde positivo. Cada hora corresponde ao deslocamento de  $15^\circ$ ;

Ângulo de incidência,  $\theta$ : ângulo entre a radiação direta incidente no plano e a normal à superfície;

Ângulo zenital,  $z$  ou  $\theta$ : ângulo entre os raios solares e a vertical;

Ângulo de altitude solar,  $\varphi$ : ângulo entre os raios solares e sua projeção em um plano horizontal. (Figura 2.1):

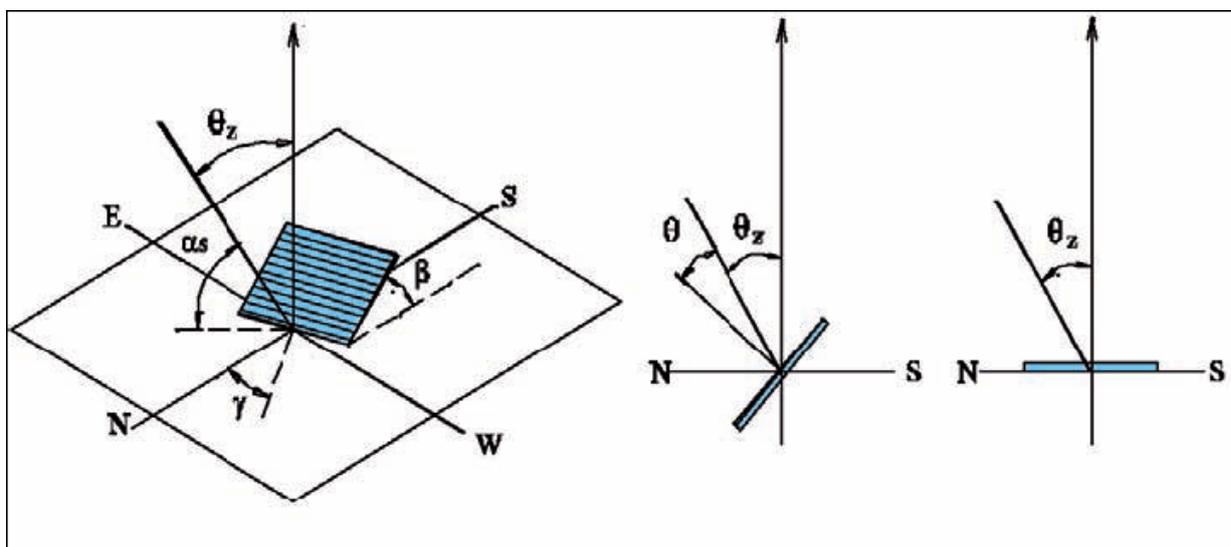


Figura 2.1 – Ilustração geométrica de ângulos utilizados para estimativa da radiação solar. PRADO et al. (2007)

Abaixo, a quantificação da radiação global média mensal sobre planos em determinada latitude da superfície terrestre utilizando ângulos e dados estatísticos relativos às características climáticas locais (Tabela 2.1):

Tabela 2.1 - Utilização do Modelo de DUFFIE & BECKMAN (1991) para Cálculo da Radiação Global Média Diária para o Município de Santos (SP). Elaboração da autora (2007)

Bernadette Vecchia de Mendonça										
Exercícios: Outubro/Novembro/2007										
Cálculo da Média de Radiação Mensal - Plano Inclinado em Latitud										
Santos (SP)										
0° = -24										
8° = 34										
C) Cálculo da Relação entre Radiações Médias Mensais no Plano Inclinado e no Plano Horizontal (Rb)										
Mês	n	$\delta$	Mês	$\omega_s$	$\omega_{sz}$	Valor Mínimo $\omega_s$	Mês	Rb		
Janeiro	17	-20,92	Janeiro	99,80	127,71	99,80	Janeiro	0,73		
Fevereiro	47	-12,95	Fevereiro	95,88	87,68	87,68	Fevereiro	0,87		
Março	75	-2,42	Março	91,08	89,57	89,57	Março	1,03		
Abril	105	9,41	Abril	85,77	91,68	85,77	Abril	1,27		
Mai	135	18,79	Mai	81,29	93,44	81,29	Mai	1,50		
Junho	162	23,09	Junho	79,06	94,31	79,06	Junho	1,63		
Julho	198	21,18	Julho	80,06	93,92	80,06	Julho	1,57		
Agosto	228	13,45	Agosto	83,89	92,42	83,89	Agosto	1,36		
Setembro	258	2,22	Setembro	89,01	90,39	89,01	Setembro	1,12		
Outubro	288	-9,60	Outubro	94,32	88,29	88,29	Outubro	0,92		
Novembro	318	-18,91	Novembro	98,77	86,54	86,54	Novembro	0,78		
Dezembro	344	-23,05	Dezembro	100,92	85,70	85,70	Dezembro	0,73		
a	b		D) Cálculo da Radiação Global Diária Média Mensal numa Superfície Inclinada.							Refletividade do solo: $\rho_s =$
0,24	0,48		Constante solar global $G_{sc}$ (W/m <sup>2</sup> ) = 1367							0,22
			Mês	$H_0$ -radiação extraterrestre-média diária (J/m <sup>2</sup> )	$H_0$ -radiação extraterrestre diária-média (MJ/m <sup>2</sup> )	$K_t = H/H_0 = a + b \cdot (N/N_0)$	$H$ -radiação plano horizontal-média (MJ/m <sup>2</sup> )	H <sub>d</sub> -radiação diária média difusa	HT (MJ/m <sup>2</sup> ) por dia (média)	HT (kWh/m <sup>2</sup> ) por dia (média)
Janeiro	4,00	13,31	Janeiro	42.438.407,27	42,44	0,38	16,31	0,55	13,87	3,85
Fevereiro	4,20	12,78	Fevereiro	39.837.396,52	39,94	0,40	15,88	0,52	14,46	4,02
Março	4,10	12,14	Março	35.673.168,80	35,67	0,40	14,34	0,50	14,24	3,96
Abril	4,10	11,44	Abril	29.825.987,35	29,83	0,41	12,29	0,47	13,74	3,82
Mai	4,00	10,84	Mai	24.598.823,87	24,60	0,42	10,26	0,46	12,83	3,56
Junho	4,10	10,54	Junho	22.057.693,74	22,06	0,43	9,41	0,44	12,52	3,48
Julho	4,00	10,68	Julho	23.075.505,59	23,08	0,42	9,69	0,45	12,52	3,48
Agosto	3,80	11,18	Agosto	27.364.651,16	27,36	0,40	11,03	0,48	12,86	3,57
Setembro	3,60	11,87	Setembro	33.117.290,41	33,12	0,39	12,77	0,51	13,20	3,67
Outubro	3,70	12,58	Outubro	38.287.059,30	38,29	0,38	14,60	0,53	13,64	3,79
Novembro	4,00	13,17	Novembro	41.597.353,46	41,60	0,39	16,05	0,54	14,01	3,89
Dezembro	3,90	13,46	Dezembro	42.875.753,26	42,88	0,38	16,26	0,56	13,81	3,84
Soma:									161,70	
Média:									13,48	

A partir dos ângulos supracitados, o modelo, para cada combinação da latitude ( $\delta$ ): com a inclinação ( $\beta$ ), permite o cálculo da radiação global diária média mensal na superfície, considerando a radiação global, a direta e a difusa.

Para a seqüência de cálculo, dados mensais da latitude considerada ( $n$ ) permitem que seja calculada a posição angular do sol em cada mês do ano (declinação( $\delta$ ): (A)). Em função da declinação( $\delta$ ), é calculado o ângulo do pôr-do-sol no decorrer do ano na superfície inclinada (B). Em seguida, é calculada a relação entre as radiações médias mensais no Plano Inclinado e no Plano Horizontal (C).

Com a ajuda de constantes empíricas referentes à localidade (a e b), (no caso Santos-BR, foi o exemplo utilizado), segue-se calculando seqüencialmente: o número de horas diárias de sol pleno mensais, a duração média do dia e a radiação extraterrestre média, considerando a constante solar ( $G_{sc}$ ).

Por fim, a partir de um dado adicional sobre a refletividade do solo, pode-se calcular a Irradiação Global Média Mensal (D).

Abaixo o gráfico resultante da manipulação dessa planilha através da alteração dos ângulos de inclinação em relação ao plano horizontal ( $\beta$ ):

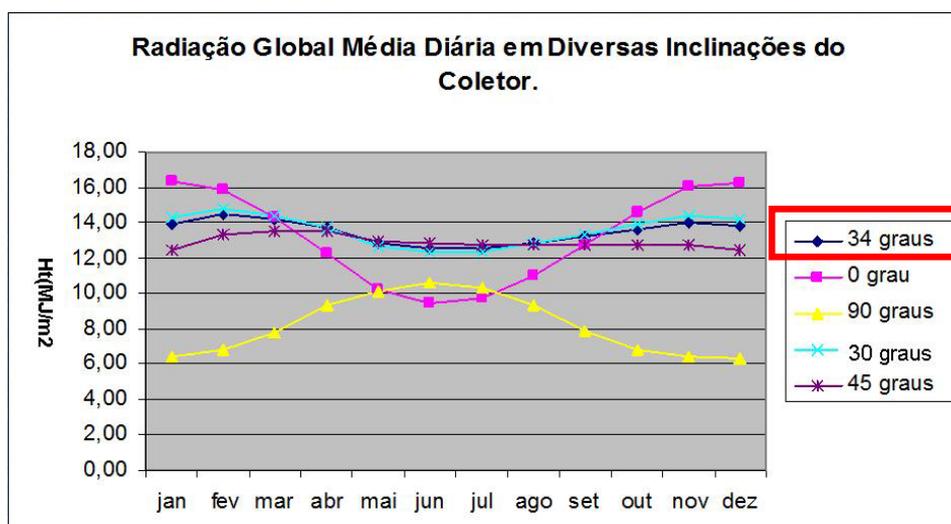


Gráfico 2.1 - Gráfico correspondente à manipulação da tabela 2.1 representativo da irradiação global média mensal incidente sobre uma superfície plana em diversas inclinações em relação ao plano horizontal ( $\beta$ ), com planilha (acima) correspondente ao cálculo para a inclinação de 34 graus. Elaboração da autora (2007)

No gráfico 2.1, constata-se que, no exemplo utilizado, a latitude de 24 graus, a melhor situação para um plano inclinado receber a radiação aproxima-se dos 34 graus, ou seja, 10 graus a mais de inclinação em relação ao valor angular da latitude, (considerando uma constante solar global de  $1367 \text{ W/m}^2$  e a refletividade do solo de 0,22). Porém, isso muitas vezes é considerado uma regra geral para a satisfação média entre diversas estações do ano. Autores como BARROSO-KRAUSE & MEDEIROS (2005) colocam que inclinações um pouco maiores, como também se observa no gráfico, possibilitam um favorecimento dos meses de inverno, embora haja uma perda nos meses de verão, já que, na verdade, o melhor aproveitamento se dá quando o plano inclinado está perpendicular à altura do meio-dia, a qual varia sazonalmente. Essas informações são importantes para a compreensão da forma como o recurso é aproveitado no contexto brasileiro: através de uma tecnologia com coletores planos, que funcionam in loco como os planos inclinados estudados nesse modelo.<sup>9</sup>

### 2.3 A TECNOLOGIA SOLAR TÉRMICA

Segundo ALDABÓ (2002), é comum a utilização do recurso solar para o aquecimento residencial passivo e o fornecimento de energia elétrica para sistemas autônomos remotos. O primeiro grupo de sistemas, juntamente com o aquecimento solar de água, faz parte das aplicações térmicas e o segundo das fotovoltaicas. A conversão térmica ativa consiste no aproveitamento da energia radiante como calor, enquanto a conversão fotovoltaica, por sua vez, transforma a energia radiante diretamente em energia elétrica. Essa conversão pode ser baseada em coletores de concentração ou em coletores planos<sup>10</sup>, estudados no presente trabalho.

---

<sup>9</sup> Portanto, assim como esses planos, os coletores são relacionados a aspectos que envolvem diversas escalas, como o acesso à radiação e suas variações espaciais e temporais, e outras variáveis de locação do componente no todo da edificação, tais como a inclinação dos telhados (condicionada aos tipos de telhas cerâmicas ou de fibrocimento), bem como aspectos estruturais. Isso será visto continuamente no decorrer da presente pesquisa.

<sup>10</sup> Para aplicações onde se lida com a temperatura da água inferior a 93 graus Celsius, utilizam-se coletores planos. Para outras situações, o estado da arte aponta a necessidade dos chamados coletores de concentração. (PRADO et al.,2007)

### 2.3.1 Coletores Solares Planos

Dentre as possibilidades de aproveitamento térmico que têm ganhado importância crescente na atualidade, a partir do conhecimento do recurso solar, está o aquecimento de água com um componente construtivo protagonizado pelos coletores planos, tecnologia com melhor custo benefício no contexto brasileiro, em substituição aos populares chuveiros elétricos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. Abaixo, o crescimento da área coletora solar dessa tecnologia no Brasil (Gráfico 2.2):

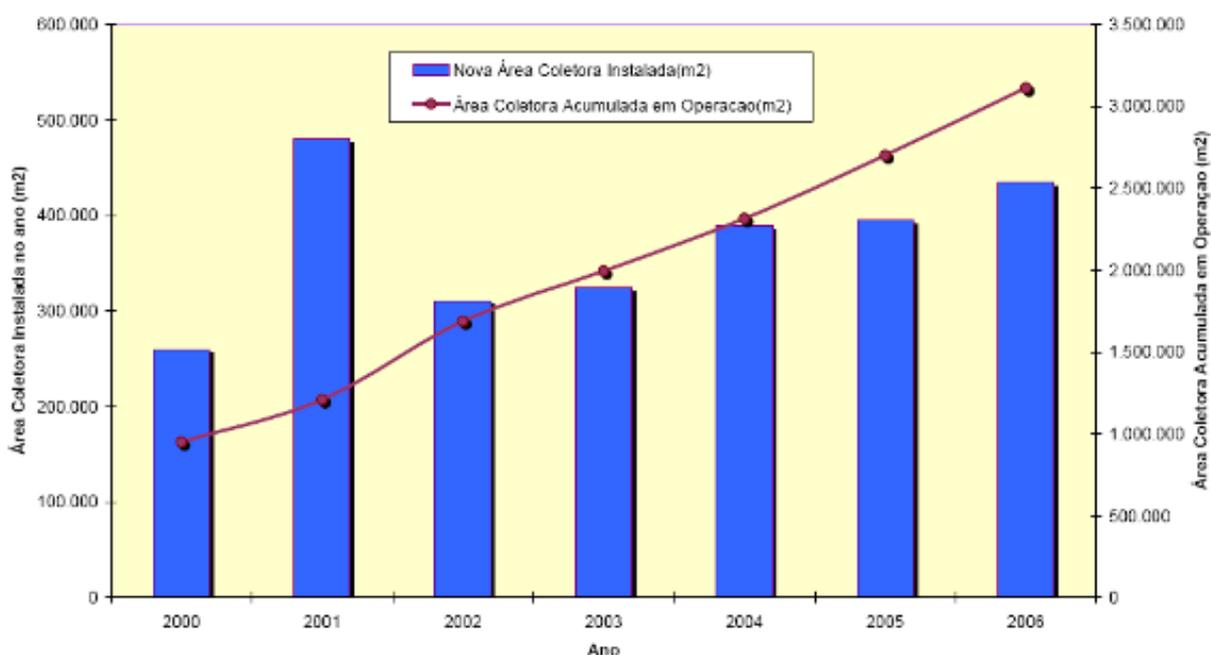


Gráfico 2.2 - Evolução do Mercado de Aquecimento Solar no Brasil. ABRAVA (2007)

O gráfico reúne informações que remetem a possíveis relações entre momentos históricos em que a crise energética sensibilizou o usuário final residencial e o crescimento da área coletora de equipamentos solares térmicos, ajudando a indicar a importância da referida tecnologia como alternativa para a energia elétrica, em contextos onde esta é demandada pelo aquecimento de água tradicional.

Neste tópico, trataremos deste principal subcomponente dos sistemas de aquecimento solar, o coletor, para a compreensão do princípio da tecnologia de aquecimento a partir da radiação solar.

Segundo LIMA (2003) apud PRADO et al.(2007), “o coletor [solar] é o dispositivo responsável pela captação da energia do sol e sua conversão em calor utilizável”. É composto por uma cobertura transparente ou translúcida, uma superfície absorvedora e um sistema de transferência de calor (Figura 2.2):

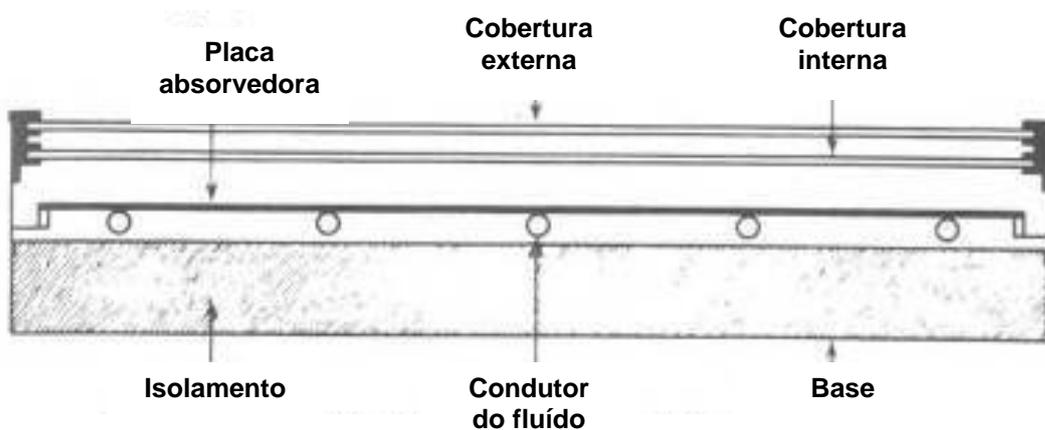


Figura 2.2 - Secção de um coletor solar plano básico. (Traduzido de DUFFIE & BECKMAN, 1991)

Uma pequena parte da radiação incidente sobre a cobertura translúcida é refletida de volta à atmosfera, mas o restante atinge a superfície absorvedora e aquece a água ali contida. Simultaneamente ao aquecimento gradativo desse fluido, que atinge temperaturas cada vez maiores que o seu meio circundante, há perda de calor da superfície absorvedora para o meio. Daí a função do isolamento: este aparato permite minimizar as perdas térmicas atribuídas a processos de condução, convecção etc. (Figura 2.3):

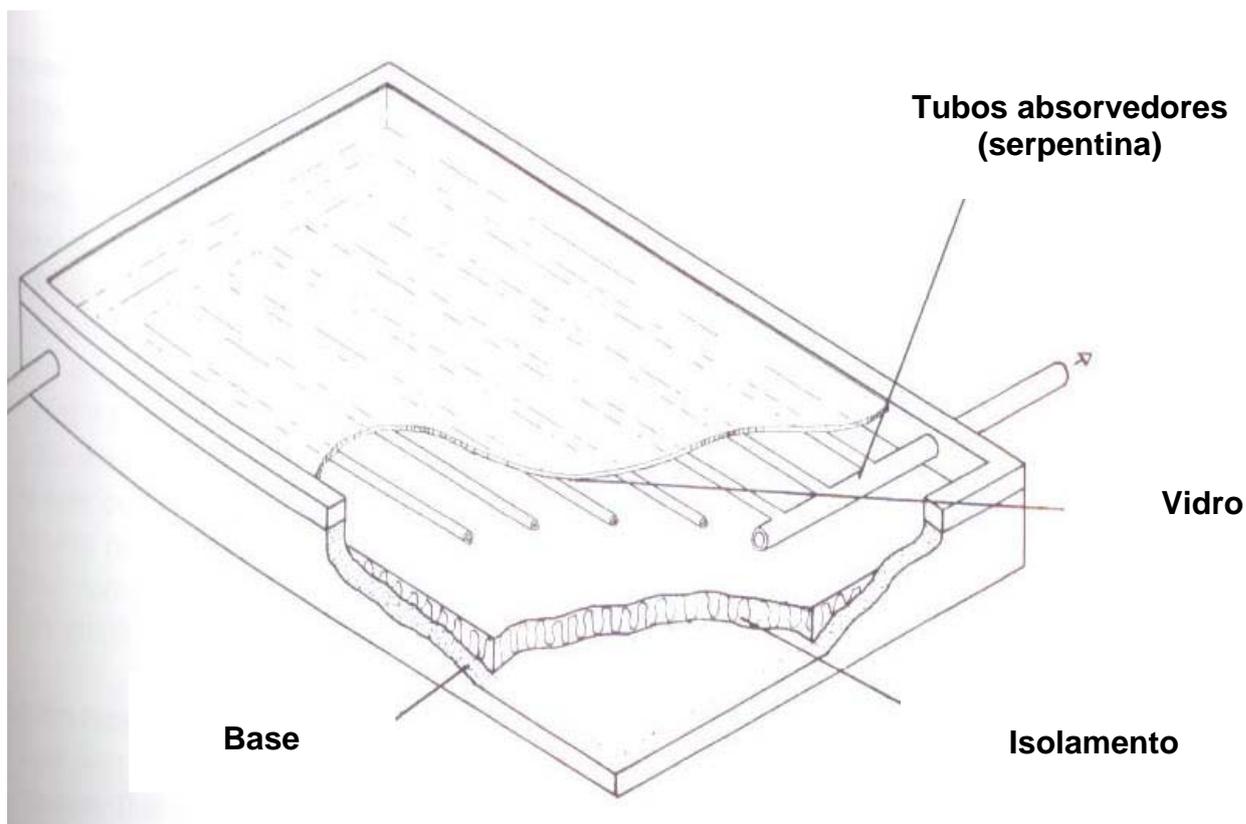


Figura 2.3 - Perspectiva isométrica de um coletor solar básico. (Traduzido e adaptado de ROAF, FUENTES & THOMAS, 2007)

### 2.3.1.1 O Sistema de Aquecimento Solar com Coletores Planos (SAS)

O componente “Sistema de Aquecimento Solar” com Coletores Planos (SAS) é composto pelos seguintes subcomponentes principais: Coletor Solar (*vide* tópico 2.3.1), Reservatório Térmico e Sistema de Aquecimento Auxiliar. Esses três subcomponentes principais interagem de forma a aproveitar a radiação solar convertida em calor para o aquecimento de água e armazená-la para a utilização.

Existem SAS com coletores planos de circuito direto e de circuito indireto<sup>11</sup>. Os SAS com coletores planos de circuito direto são a categoria tratada nesta Dissertação.

<sup>11</sup> Nos países de clima frio, costumam ser utilizados sistemas de aquecimento solar de circuito indireto, que tiram partido de outros fluidos de transporte para a transferência de calor (ROAF, 2008). Alguns fluidos mais comuns: etileno-glicol e propileno-glicol. (PRADO et al., 2007)

### 2.3.1.1.1 Sistemas de Aquecimento Solar em Circuito Direto (SAS\_CD)

O funcionamento geral de um sistema de aquecimento solar em circuito direto (SAS\_CD), ou seja, aquele em que o fluido de transporte é a água, consiste na passagem do calor dos coletores para as aletas (de alumínio) e destas para os tubos (serpentina), que geralmente são de cobre. A água que está dentro da serpentina esquenta e vai direto para o reservatório térmico.

Os reservatórios térmicos mantêm quente a água armazenada. Atualmente, eles consistem em cilindros feitos de cobre, inox, ou polipropileno, com tratamento isolante térmico. Reservatórios térmicos podem abrigar aquecimento auxiliar elétrico, a gás ou até mesmo não possuir esse subcomponente<sup>12</sup>. Abaixo a ilustração típica de um SAS com coletor plano e circuito indireto, utilizado para residências unifamiliares brasileiras (Figura 2.4):

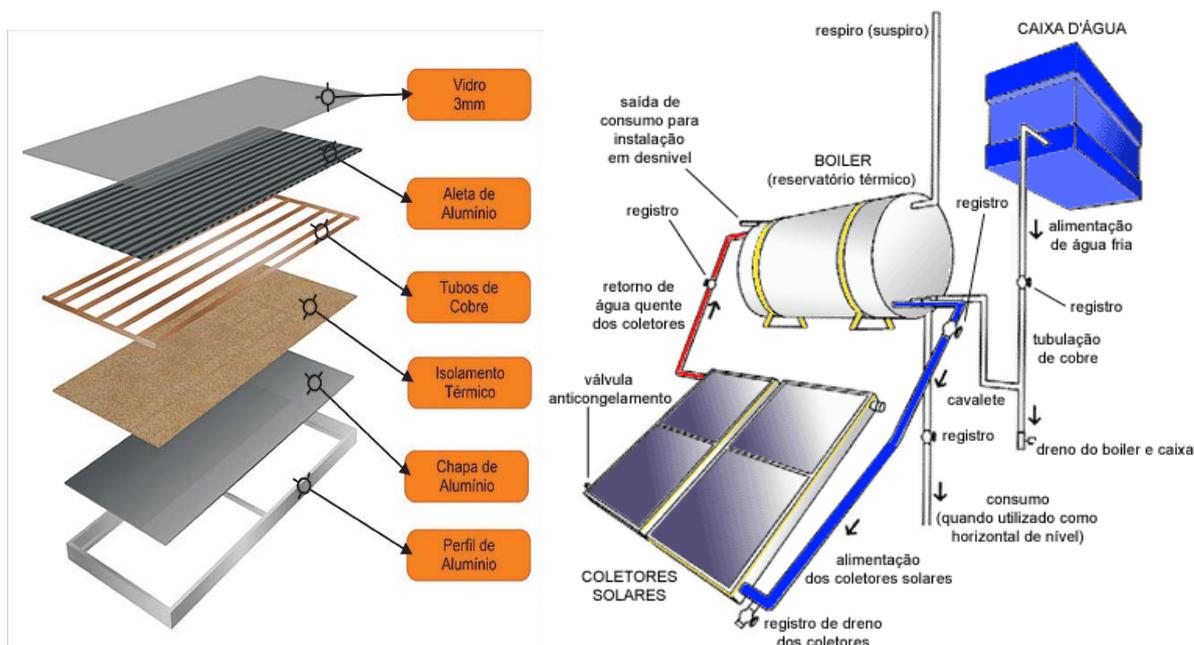


Figura 2.4 – Diagrama genérico de um Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto. (SOLETROL, 2008) e detalhe de um de seus subcomponentes: as placas solares. (DECORSOL, 2008)

A figura acima é um diagrama genérico de um SAS\_CD que pode funcionar por termossifão. Este fenômeno é definido por PRADO et al. (2007) como “a diferença

<sup>12</sup> Sistemas que não possuem o aquecimento auxiliar não são a categoria de SAS que caracteriza o contexto aqui estudado, mas todas as categorias de SAS\_SD são regulamentadas pela mesma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

de densidade devido à variação de temperatura entre os coletores e o reservatório, [o que] provoca um gradiente de pressão que coloca o fluido em movimento". É um sistema, portanto, passivo de circulação de água entre o reservatório e os coletores.

Segundo a ABNT (2008), esse movimento é possibilitado por uma força motriz que decorre da diferença de densidade do fluido causada pela variação de sua temperatura. Portanto, esse é um tipo de SAS\_CD que permite a circulação natural do fluido no circuito primário<sup>13</sup>, cujo diagrama é abaixo comparado com outro no qual a circulação nesse circuito exige a utilização de uma bomba (sistema ativo). (Figura 2.5):

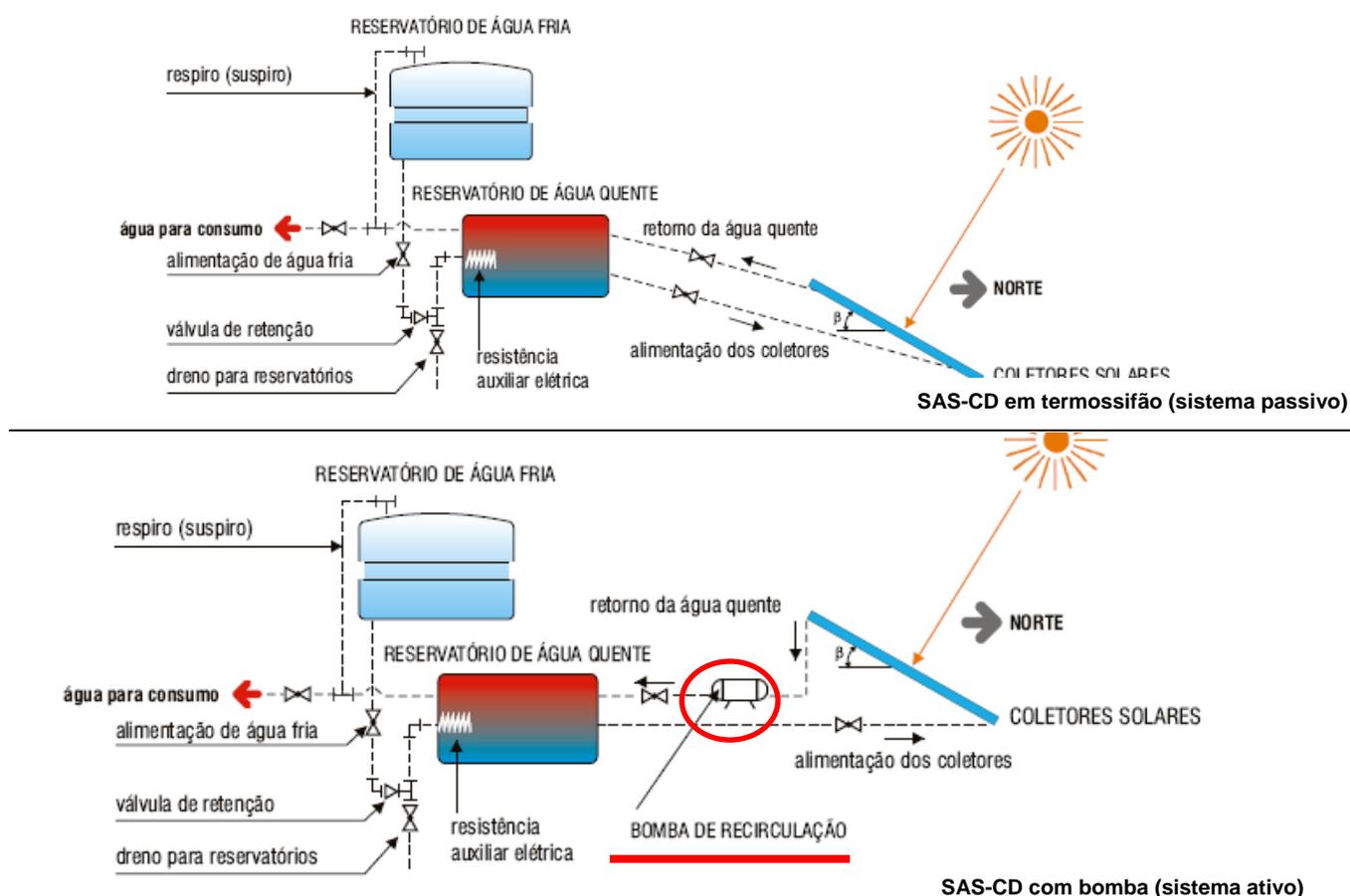


Figura 2.5 – Diagrama genérico de dois tipos de circulação possíveis para o Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto. Fonte: Adaptado de PRADO et al. (2007)

<sup>13</sup> Circuito primário é o circuito hidráulico existente entre os coletores solares e o reservatório térmico. Circuito secundário, por sua vez, é o circuito hidráulico existente entre a alimentação de água fria e os pontos de consumo. (ABNT, 2008)

Segundo PRADO et al. (2007) , a vantagem do sistema ativo em relação ao passivo é a flexibilidade quanto à localização do reservatório na edificação, porém os custos aumentam por apresentar mais dispositivos, tais como bombas, sensores e controles, portanto o passivo é o tipo de SAS-CD mais utilizado nas aplicações domésticas.

Essa escolha é uma das características cujos condicionantes estão no todo do ambiente construído, do qual o SAS-SD passa a ser estudado como componente construtivo, conforme o próximo capítulo.

## 3 O SAS\_CD COMO COMPONENTE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

### 3.1 ABORDAGENS DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

O ambiente construído é freqüentemente delimitado por escalas arquitetônicas em função de estudos acadêmicos e da ação projetual e construtiva, dentre outros fins. Autores como BROWN & DEKAY (2002) e OLGWAY (2004), em cuja obra destaca-se o projeto bioclimático, fazem amplo uso do conceito escalar, característico da Arquitetura.

BROWN & DEKAY (2002) tiram partido desse conceito para agrupar as estratégias bioclimáticas disponíveis em diferentes categorias estudadas separadamente: *componentes (escala 1), edificações (escala 2) ou grupos de edificações (escala 3)*. Cada estratégia é identificada como pertencente a uma ou mais categorias em relação a suas funções: de aquecimento, de esfriamento e/ou de iluminação.

Enquanto BROWN & DEKAY (2002) estudam as estratégias construtivas de forma mais independente do contexto de aplicação, OLGWAY (2004) faz uso de um raciocínio escalar correlato, porém, utilizando-o para identificar as escalas do ambiente de uma única cidade analisada, delimitando: *elementos construtivos (escala 1), desenho da casa (escala 2) e ordenação do conjunto (escala 3)*. Para recomendar estratégias possíveis de projeto para cada uma dessas escalas, utiliza em sua obra uma análise das variáveis climáticas da cidade em questão, tais como temperatura, insolação, ventilação, precipitações, umidade e pressão. Como elementos construtivos, destaca: aberturas, anteparos, coberturas, materiais, elementos de proteção solar, porões e sótãos, equipamentos e outros componentes. Nas casas, observa: tipologias, distribuição geral, planta, forma e volume, orientação, espaço interior e cores. Para a ordenação do conjunto, recomenda: a escolha do local de implantação, o projeto da estrutura urbana e da paisagem, vegetação e espaços públicos.

HIGUIERAS (2006), por sua vez, é uma autora que estuda o ambiente construído em escala urbana. Para tanto, procura uma relação matricial entre as variáveis do meio urbano e do meio natural. Dentre estas estão o sol, a vegetação, o vento, a água e a geomorfologia. Cada uma dessas variáveis é relacionada, através de uma matriz, à rede viária, aos espaços públicos, às quadras, aos lotes e às edificações em busca do preenchimento da matriz com as sugestões para estratégias construtivas.

Nota-se novamente um modelo de delimitação escalar e também que as escalas mais amplas englobam evidentemente as escalas mais restritas (Figura 3.1):

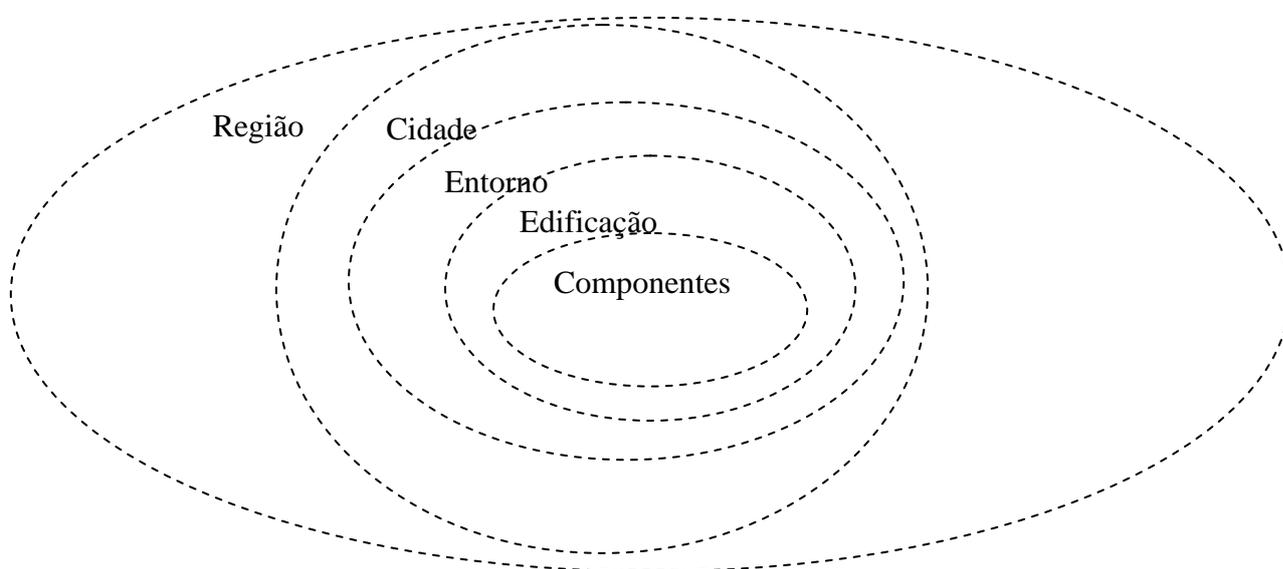


Figura 3.1 – Exemplo de delimitação do ambiente construído. Elaboração da autora (2008)

Essas delimitações dependem dos critérios de cada modelo utilizado por esses autores; existe muita elasticidade ao se subdividir um todo.

Segundo SCUSSEL & SATLER (2007) a respeito da produção do espaço:

“[...] deve ser vista como um processo totalizante e universal, que o espaço, a um só tempo, determinado por e determinante de uma formação social, em suas múltiplas dimensões. A ordenação físico territorial assim produzida apresenta diferentes sub-unidades que desempenham diferentes papéis na totalidade. Mas cabe destacar, sempre, que a visão de totalidade não se contrapõe ao reconhecimento da diferenciação do espaço: o global não é uniforme, subsiste pela heterogeneidade das partes.”

O presente trabalho procura contribuir com a consciência das relações sistêmicas nesse todo, o que faz com que as decisões projetuais em uma escala mais restrita possam gerar efeitos significativos em outras mais amplas. A recíproca e a continuidade nesse processo também são verdadeiras. Para essa constatação partir-se-á do estudo do SAS\_CD como componente integrante do todo do ambiente construído.

Para BROWN & DEKAY (2002), dentre as estratégias categorizadas como *componentes*, ou seja, da primeira escala do ambiente construído, estão os sistemas de aquecimento de água por energia solar (SAS), cujo estudo está aqui restrito aos SAS\_CD <sup>14</sup>.

## **3.2. INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E URBANÍSTICA DO SAS\_CD**

### **3.2.1 Considerações sobre Aspectos da Normatização<sup>15</sup> do Componente e Certificação dos Subcomponentes**

As normas técnicas para instalação e projeto do Sistema de Aquecimento Solar em Circuito Direto, NBR 15.569:08, deixam transparecer, além da escala desse componente, a necessidade do conhecimento da escala da edificação, do entorno e de alguns aspectos da infraestrutura urbana. É de acordo com as variáveis da integração com o ambiente construído, pré-existentes ou não, que o componente construtivo SAS\_CD pode ser composto total ou parcialmente pelos seguintes subcomponentes e respectivas funções transcritas na Tabela 3.1:

---

<sup>14</sup> Sistemas de Aquecimento Solar em Circuito Direto.

<sup>15</sup> Cf. NBR 15.569:08 (ABNT, 2008)

Tabela 3.1 - Subcomponentes do SAS e suas funções. (Adaptado da ABNT, 2008)

<b>Subcomponentes do SAS</b>	<b>Função</b>
Coletor solar	Conversão de energia radiante em energia térmica
Reservatório térmico	Acumulo da energia térmica na forma de água aquecida
Equipamento auxiliar de aquecimento	Suprimento da demanda térmica complementar do SAS
Motobomba hidráulica	Promoção da circulação forçada de água através do SAS
Controlador diferencial de temperatura	Controle da motobomba hidráulica do sistema de aquecimento solar e eventualmente segurança
Sensor de temperatura	Medição da temperatura da água em pontos específicos do SAS
Reservatório de expansão	Proteção do sistema contra variação de pressão e expansão volumétrica durante o funcionamento do SAS
Válvula de alívio de pressão	Alívio automático de pressão do SAS, caso a pressão máxima seja atingida
Válvula de retenção	Impedimento do movimento reverso da água
Válvula eliminadora de ar	Permissão da saída de ar do SAS
Válvula quebra - vácuo	Permissão da entrada de ar no SAS para alívio de pressões negativas
Dreno	Permissão do escoamento ou drenagem de água do SAS
Tubos e conexões	Interconexão dos componentes e transporte de água aquecida
Isolamento Térmico	Minimização de perdas térmicas do SAS
Respiro	Equalização das pressões positivas e negativas e permissão da saída de ar e vapor do SAS

De acordo com a NBR 15.569 (ABNT, 2008), outros subcomponentes podem compor o SAS, desde que atendendo as condições de desempenho especificadas, já que esta norma técnica não tem função de restrição tecnológica.

### 3.2.1.1 Aspectos predominantemente intrínsecos à Escala 1 (Componente)

Para a instalação dos SAS\_CD, recomenda-se que se considere a compatibilidade e a vida útil de cada um dos seus componentes principais.

Quanto aos coletores solares, a NBR 15.569 indica a norma vinculada referente à determinação do rendimento térmico dos coletores solares planos líquidos, NBR 10184. Devem ser garantidas as condições mínimas de desempenho dos coletores solares, as quais envolvem perdas térmicas, ganhos de energia, compatibilidade de

uso para a aplicação pretendida e distância adequada dos sensores de temperatura, além da proteção contra o congelamento. Em caso de possuírem sensor de temperatura, esse deve estar localizado a uma distância adequada, segundo especificações da norma.<sup>16</sup>

No caso das certificações para este subcomponente, segundo o PROCEL (2008):

“Para obter a etiquetagem, o [subcomponente] coletor solar deverá comprovar, através de ensaios nos Laboratórios de Referência indicados pelo PROCEL, a classificação ‘A’ declarada na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE [(Tabela 3.2)], no critério de Produção Específica Mensal de Energia”.

Tabela 3.2 - Classes da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para Banho e Piscina. (Adaptado do INMETRO, 2008)

### 1 - COLETORES SOLARES

CLASSES	INDICE BANHO / ACOPLADO	INDICE PISCINA	BANHO	
			TOTAL	%
A	$P_{me} > 77,0$	$P_{me} > 95,0$	62	61,4
B	$77,0 \geq P_{me} > 71,0$	$95,0 \geq P_{me} > 87,0$	30	29,7
C	$71,0 \geq P_{me} > 61,0$	$87,0 \geq P_{me} > 79,0$	8	7,9
D	$61,0 \geq P_{me} > 51,0$	$79,0 \geq P_{me} > 71,0$	0	0,0
E	$51,0 \geq P_{me} > 41,0$	$71,0 \geq P_{me} > 63,0$	1	1,0
			101	

Classe	Produção Específica Mensal (kWh/mes/m <sup>2</sup> )
A	$P_{men} > 77$
B	$77 \geq P_{men} > 71$
C	$71 \geq P_{men} > 61$
D	$61 \geq P_{men} > 51$
E	$51 \geq P_{men} > 41$

Os ensaios para os coletores solares nas fases de fabricação/ manutenção incluem as fases de testes de estanqueidade, testes de eficiência térmica, testes destrutivos e inspeções<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Deve ser consultado o manual do fabricante ou, na falta desse, a NBR 15.569 (ABNT, 2008).

<sup>17</sup> Cf. Regulamento de Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água (INMETRO, 2007)

Também para os reservatórios térmicos, deve ser considerada a determinação do desempenho térmico. Os reservatórios térmicos devem ser conforme a NBR 10.185 (ABNT, 2008). Devem ter em suas características a fabricação em material adequado para suportar a exposição direta à radiação solar. Em caso de possuírem sensor de temperatura, este deve estar localizado a uma distância adequada<sup>18</sup>.

No caso de certificações para o reservatório térmico, a obtenção do Selo PROCEL está condicionada aos percentuais de perda de energia apresentados na tabela a seguir (Tabela 3.3):

Tabela 3.3 - Relação entre o Volume do Subcomponente Reservatório Térmico (em litros) e a Perda Específica de Energia Mensal (em kWh/mês/litro). (INMETRO, 2008)

<b>Volume (litros) Perda específica de Energia Mensal (kWh/mês/litro)</b>
100 <= 0,22
150 <= 0,21
200 <= 0,20
250 <= 0,19
300 <= 0,19
400 <= 0,15
500 <= 0,14
600 <= 0,13
800 <= 0,10
>= 1000 <= 0,10

A comprovação de que o desempenho do reservatório térmico não ultrapassa essas perdas é a condição para a obtenção da certificação.

Além das perdas e estratificações térmicas e do desempenho geral compatível com eventuais exposições aos raios solares, deve ser considerada a resistência do reservatório à dilatação, devido ao fluido que contém. Sendo assim, as condições de temperatura e pressão de todas as partes do componente, que incluem, juntamente com o reservatório, alguns outros grupos de subcomponentes, como o do conjunto de válvulas, respiros e drenos e o da tubulação hidráulica, devem ser observadas

<sup>18</sup> Cf. NBR 15.569 (ABNT, 2008)

em função de alguns requisitos. Dentre esses, a segurança nas fases de instalação, manutenção e operação no que diz respeito, por exemplo, à liberação e drenagem de fluídos quentes e riscos de incêndio.

Além disso, outros três principais grupos de subcomponentes do SAS\_CD devem ter verificadas as suas normas técnicas específicas: as tubulações, os equipamentos para condução de fluídos com tubulação de cobre leve, média e pesada, sem costura e também para a conexão para união desses tubos de cobre por soldagem ou brasagem capilar<sup>19</sup>.

Outros subcomponentes que têm suas normas técnicas específicas vinculadas à NBR 15.569, são as motobombas, que devem ter resistência mínima à corrosão; e as válvulas de alívio<sup>20</sup>, sendo estas merecedoras de especial atenção em relação a sua ligação com drenos, em caso de drenagem automática do sistema. Todos esses subcomponentes, além dos sensores e amortecedores devem ter uma identificação correspondente à sua função. Esses subcomponentes devem seguir os respectivos manuais do fabricante e estar corretamente abrigados contra as intempéries, de acordo com suas características.

Grupos de subcomponentes do SAS\_CD, como as tubulações dos circuitos direto e indireto<sup>21</sup> e motobombas, além de características intrínsecas de sua fabricação para condições-padrão de utilização, possuem interface direta com a escala 2 (edificação), devido a implicações estruturais. Assim também ocorre com os seus subcomponentes principais, coletores, reservatório térmico e sistema de aquecimento auxiliar, o qual introduz o próximo tópico a respeito da interface com a Escala 2 (Edificação).

---

<sup>19</sup> LIRA (1991) enfatiza a importância do Policloreto de Vinila Clorado (CPVC), como material constituinte das tubulações para água quente. Autores como GNIPPER (2009) colocam algumas vantagens de produtos desse tipo para minimização dos efeitos da pressão da paralisação brusca da água em movimento - como o fechamento rápido de uma torneira - conhecida como golpe de aríete. Porém, é uma tecnologia ainda sem condições de normatização da qual se desconhece o desempenho em pelo menos 40 anos de uso. No Brasil, o cobre foi sempre o material indicado para composição de tubulações de água quente. Mas outros produtos começam a entrar no mercado, como o próprio CPVC, o polipropileno copolímero e o polietileno reticulado: o PEX.

<sup>20</sup> As válvulas de alívio atendem à ANSI Z21.22 - *Relief valves for hot water supply system*. (ABNT, 2008)

<sup>21</sup> Circuitos primário e secundário são respectivamente o circuito hidráulico entre o coletor solar a o reservatório e o circuito hidráulico entre a alimentação de água fria e os pontos de consumo. (ABNT, 2008)

### 3.2.1.2 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 2 (Edificação)

As normas brasileiras vinculam as recomendações técnicas para o SAS-CD a outras específicas para o sistema de aquecimento auxiliar, cujos títulos são abaixo citados, com base na ABNT (2008):

- Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – requisitos dos ambientes;
- Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – Projeto e execução;
- Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e execução.

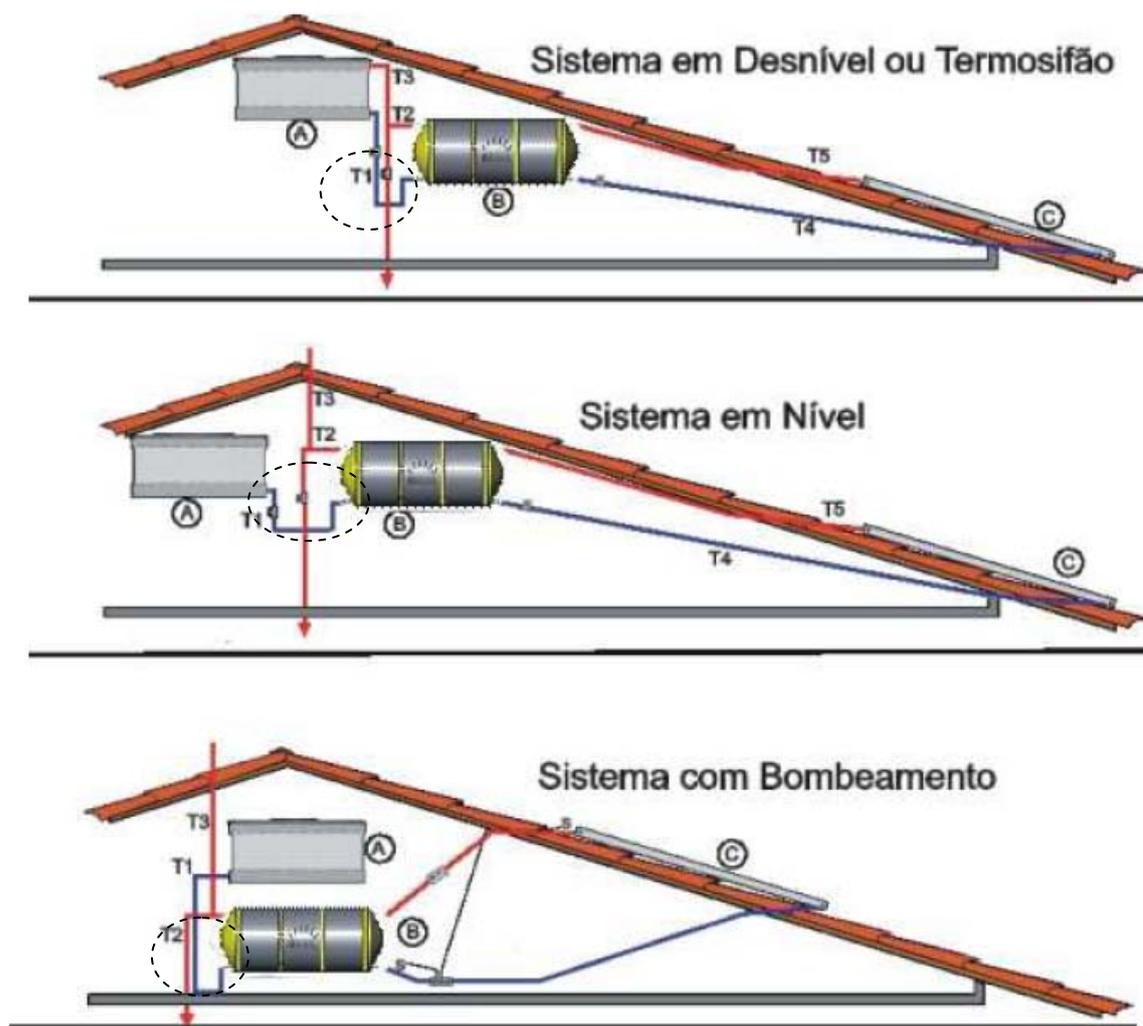
Além da interface do SAS-CD com esses equipamentos de aquecimento de água auxiliar, também é significativamente enfatizada nas normas técnicas a interface com a estrutura da edificação, as instalações hidráulicas e elétricas. Para tanto, as normas vinculadas à NBR 15.569 (ABNT, 2008) são:

- Cargas para cálculo da estrutura de edificações;
- Instalações elétricas de baixa tensão;
- Proteção contra descargas atmosféricas;
- Instalações prediais de água fria;
- Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

As próprias características aparentemente detidas na Escala 1 (Componente), na verdade não o estão:

Assim como a tubulação hidráulica é sujeita ao assentamento estrutural (GNIPPER, 2009), motobombas, por exemplo, estão relacionadas a vibrações estruturais, assim como a própria tubulação hidráulica. Inclusive a norma recomenda que, para evitar desperdício de água em caso de remoção, deve haver uniões e registros de gaveta próximos a ela, bem como condições suficientes de ventilação no local e espaço para manutenção.

Além disso, atributos como o tipo de circulação, ou seja, a necessidade da e/ou opção pela existência (ou não) de um determinado subcomponente, como a motobomba, pode ser condicionada por características diversas (ou combinadas) do local de instalação na edificação em diversas escalas, sejam essas condições preexistentes ou não, que tenham eventualmente impossibilitado a obtenção do efeito de termosifão, tipo de circulação geralmente adotado. A Figura 3.2 ilustra, através de um diagrama esquemático, algumas opções resultantes das escolhas quanto ao tipo de circulação do SAS\_CD:



**Legenda:**

- |  |  |
|--|--|
| A-Caixa de água                        | T2-Saída de água quente para o consumo |
| B-Reservatório Térmico                 | T3-Suspiro do reservatório             |
| C-Coletores Solares                    | T4-Linha de água fria dos coletores    |
| T1-Tubo de alimentação do reservatório | T5-Linha de água quente coletores      |

Figura 3.2 - Diagrama genérico das opções de instalação quanto à circulação. Adaptado de ENSOL (2008)

A elipse tracejada sobre a figura original indica que, segundo a ABNT (2008), deve existir, em quaisquer das opções acima quanto ao tipo de circulação do SAS\_CD, um sifão de, no mínimo, 30 centímetros na tubulação de água fria, de forma a impedir o retorno de água aquecida para o reservatório de água fria.

Além da circulação, outros atributos combinados possibilitam o agrupamento dos SAS\_CD em categorias principais preconizadas pela ABNT (2008):

- Existência ou não de aquecimento auxiliar;
- Tipo de circulação;
- Tipo de regime;
- Tipo de armazenamento;
- Tipo de alimentação;
- Formas de alívio de pressão do sistema.

Cada um desses atributos é agrupado pela ABNT (2008) nas chamadas categorias I, II e III, conforme abaixo:

Categoria I – Existência de aquecimento auxiliar junto ao solar, circulação natural ou termossifão, regime de acumulação, armazenamento convencional, alimentação exclusiva e alívio de pressão por respiro.<sup>22</sup>

Categoria II – Inexistência de aquecimento auxiliar, circulação forçada, regime de passagem, armazenamento acoplado, alimentação não-exclusiva e alívio de pressão por conjunto de válvulas.

Categoria III – pré- aquecimento solar e armazenamento integrado.

Essas opções acima esquematizadas e exemplificadas podem ser resultantes de uma complexa combinação de variáveis que envolvem as características de tamanho, peso, forma, posicionamento dos e entre os subcomponentes nas coberturas e invólucros ou mesmo do lote da edificação.

---

<sup>22</sup> Os SAS\_CD da Categoria I são o grupo estudado predominantemente na pesquisa de campo do presente trabalho.

As decisões projetuais devem passar pela locação do sistema completo, da maneira necessária e tecnicamente recomendável (para atender os requisitos de dimensionamento para os hábitos familiares atendidos e simultaneamente para características dos equipamentos sanitários abastecidos). E passa também pelas condições encontradas no conjunto estrutural e espacial do lote (ou de seu projeto) (Escala 2), com destaque para o invólucro do volume edificado, que permite a interface do sistema com o entorno (existente ou previsível) (Escala 3).

Esse invólucro do volume edificado ou mesmo do lote (Escala 2) abriga as características gerais do sistema e permite a interface direta com as condições de sombreamento (Escala 3) e relações diretas e indiretas com a interface climática (Escala 4). Isso ocorre para a correta inclinação e orientação dos coletores<sup>23</sup> ou mesmo para o dimensionamento de subcomponentes como o reservatório térmico. Os tópicos a seguir tratarão dos aspectos normativos da Escala 3 (Entorno) e também da Escala 4 (Meio Ambiental/Urbano).

### 3.2.1.3 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 3 (Entorno)

No caso da normatização, as variáveis tratadas com maior ênfase quanto às decisões projetuais para locação do sistema são a proteção contra quebras e ventos e o cuidado com o sombreamento inadequado das placas coletoras, fatores que podem existir tanto a partir de elementos da própria edificação, tais como partes do telhado, vegetação ou construções exteriores localizadas no próprio lote (Escala 2), quanto a partir de situações complexas nas quais o elemento que sombreia (ou potencializa o sombreamento) encontra-se no entorno vizinho ou público (Escala 3), freqüentemente restringindo ações de adaptação ao SAS-CD e/ou tendo suas condições alteradas durante a fase de utilização. Essas situações complexas na dimensão política situam-se dentro do escopo de estudo do chamado Direito ao Sol, que envolve não apenas as dimensões técnica e política dos recuos, coeficientes de

---

<sup>23</sup> Cf. Tópico 2.2 da presente Dissertação.

aproveitamento e taxas de ocupação dos códigos de obras municipais, e regras condominiais, que são os assuntos sob os enfoques tradicionalmente estudados, mas também as ilhas de calor condicionadas por toda uma combinação de variáveis construtivas, tais como cores, texturas etc., bem como a dinâmica que caracteriza tais variáveis na dimensão temporal e histórica, fatores relacionados inclusive a questões de uso final e históricas.

A dimensão temporal desse contexto dos espaços vizinhos e públicos envolve fenômenos como adensamento, dinâmica construtiva local e indiretamente ecossistemas ambientais etc., variáveis relacionadas à quarta e complexa escala delimitada para o presente estudo.

#### 3.2.1.4 Aspectos normativos em que predomina a relação da Escala 1 (Componente) com a Escala 4 (Meio Ambiental/ Urbano)

Apesar da complexidade desta Escala, que envolve dimensões ambientais, sociais, econômicas e técnicas e da especificidade do escopo das normas técnicas, nota-se que estas perpassam de fato esta escala ao tratar de aspectos relacionados às condições qualitativas e quantitativas do abastecimento de água e eletricidade para o funcionamento do SAS-CD.

Segundo a ABNT (2008), os materiais e componentes que compõem o SAS-CD devem ser adequados para suportar falhas no abastecimento de água ou de energia elétrica, bem como interrupções prolongadas na utilização de água quente e sua correlação com processos de deteriorização.

Adicionalmente, devem-se levar em conta, com base em autores como GNIPPER (2009), que, muito embora alguns dos aspectos desse ponto de vista estejam ligados à resistência como propriedade intrínseca dos componentes de resistir suficientemente a condições comuns de vulnerabilidade à corrosão, erosão e incrustação (ABNT, 2008), estando assim detidos na Escala 1 (Componente), o autor explica que, dois tubos de mesmo material, mesma marca e mesmo lote de

fabricação, poderão ter durabilidades diferentes ao conduzirem água com naturezas salinas diferenciadas em dois diferentes contextos urbanos.

Por isso, a norma recomenda que, dentre os documentos que devem ser exigidos pelo usuário ao(s) responsável(is) pelo SAS-CD estão informações sobre as fontes de abastecimento e as propriedades físico-químicas da água utilizada no sistema (ABNT, 2008).

De maneira correlata, outros dados indispensáveis para o dimensionamento do sistema, dependem do conhecimento de outras variáveis também do contexto ambiental/ urbano que irão interferir, por exemplo, no volume do reservatório e no número de placas coletoras. De acordo com BARROSO-KRAUSE & MEDEIROS (2005), quanto maior a proximidade do Equador, menores serão os requisitos de água quente ao longo dos dias do ano. A altitude também merece ser considerada já que, quanto maior for, menores tenderão a ser as temperaturas ambientes e, conseqüentemente, o consumo de água quente<sup>24</sup>.

A seguir, portanto, tratar-se-á de aspectos projetuais e documentais da normatização específica.

### 3.2.1.5 Aspectos Projetuais e Documentais das Normas Brasileiras para o Componente

Durante o desenvolvimento da presente pesquisa, a NBR 12.269, de 1992, intitulada “Instalação de Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto” foi substituída pela NBR 15.569 – Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto-Projeto e Instalação, válida em substituição à primeira desde 18 de Março de 2008.

---

<sup>24</sup> Para informações a respeito dos dados organizados por esses autores, cf. BARROSO-KRAUSE & MEDEIROS (2005).

Um passo importante que foi dado entre as duas versões da normatização do SAS, e que esse trabalho também objetivou, foi tornar mais explícita a importância do projeto do mesmo e de sua representação gráfica inclusa na documentação que deve ser requisitada e mantida pelo usuário, inclusive em caso de alteração do sistema.

Para a organização dos subcomponentes dessas categorias e suas interfaces com as outras escalas, a NBR 15.569 recomenda procedimentos adequados de documentação para as fases de projeto, instalação e manutenção completando o conteúdo da NBR 12.269 (1992), que versava predominantemente a respeito da fase de instalação.

Certamente, a prática das aplicações realizadas na década de 90 revelaram a necessidade e possibilitaram análises de experiências, para que houvesse finalmente um complemento normativo com ênfase projetual e incentivo para o registro documental do sistema.

As documentações que devem ser exigidas pelo usuário, segundo a ABNT(2008) são:

- Projeto com ART<sup>25</sup>;
- Documentação de Instalação com ART<sup>26</sup>;
- Manual de Operação e Manutenção;
- Registros de Manutenção.

No caso da documentação de projeto, a ABNT (2008) coloca como mínimos os seguintes itens documentais:

- Premissas de cálculo;
- Dimensionamento;
- Fração solar;

---

<sup>25</sup> A existência da ART denota a necessidade de profissional com as qualificações preconizadas pela NBR15.569 (ABNT, 2008) para a execução do projeto.

<sup>26</sup> A existência da ART denota a necessidade de profissional com as qualificações preconizadas pela NBR15.569 (ABNT, 2008) para a execução da instalação do sistema.

- Volume de armazenamento;
- Pressão de trabalho;
- Fontes de abastecimento de água;
- Área coletora;
- Previsão de dispositivos de segurança;
- Massa dos principais componentes;
- Consideração a respeito das propriedades físico-químicas da água;
- Elementos necessários para a representação gráfica (semelhante à prática da Arquitetura): Localização, indicação do norte geográfico, estudos de sombreamento e indicação sobre ângulos de inclinação e orientação dos coletores, plantas, cortes, fachadas, vistas, perspectiva isométrica, além de memorial descritivo, especificações e detalhamento de cada subcomponente (incluindo-se as interligações hidráulicas e interfaces com a residência e o entorno, através dos estudos de sombreamento e da especificação dos ângulos de inclinação e orientação dos coletores).

Este último item de recomendações, na norma original, é subdividido, mas aqui se observa que é importante que eles sejam correlacionados, como na prática de Arquitetura, o que melhor potencializa a compreensão das interfaces com as escalas mais amplas, principalmente a da edificação (Escala 2) e a do Entorno (Escala 3).

A norma apresenta dois modelos de cálculo e sugestões para suas premissas. Para aplicações residenciais, o modelo de cálculo preconizado pela ABNT (2008), além das informações já comentadas, leva em conta os seguintes dados mínimos, expressos abaixo como um roteiro para o dimensionamento (esse modelo parte de premissas como a fração solar de 70% e a inexistência de sombreamento entre os coletores (ABNT, 2008)<sup>27</sup>):

a) Apuração do volume de consumo do reservatório ( $V_{\text{consumo}}$ ):

Deve-se levar em consideração:

---

<sup>27</sup> As normas técnicas estão sendo aqui discutidas e não transcritas, por isso recomenda-se a consulta aos documentos originais, segundo os procedimentos da ABNT.

- ✓ Vazões dos equipamentos sanitários, conforme tabela da ABNT (2008) ( $Q_{pu}$ );
- ✓ Tempo de utilização ( $T_u$ );
- ✓ Freqüência de uso;

A Equação utilizada para cálculo do volume de água consumida é

$$V_{consumo} = \sum (Q_{pu} \times T_u \times \text{freqüência de uso})$$

b) Cálculo do volume do sistema de armazenamento ( $V_{armazenamento}$ ):

Deve-se levar em consideração:

- ✓ Volume de consumo ( $V_{consumo}$ );
- ✓ Temperatura de consumo ( $T_{consumo}$ );
- ✓ Temperatura ambiente ( $T_{ambiente}$ );
- ✓ Temperatura de armazenamento ( $T_{armazenamento}$ ).

A Equação utilizada para cálculo do volume do reservatório é:

$$V_{armazenamento} = V_{consumo} \times [(T_{consumo} - T_{ambiente})] / (T_{armazenamento} - T_{ambiente})$$

c) Cálculo da demanda de energia útil ( $E_{útil}$ ):

Deve-se levar em consideração:

- ✓ Volume de armazenamento ( $V_{armazenamento}$ );
- ✓ Massa específica da água ( $\rho$ );
- ✓ Calor específico da água ( $Cp$ );
- ✓ Temperatura de armazenamento ( $T_{armazenamento}$ ).

A Equação utilizada para cálculo da demanda de energia útil é:

$$E_{útil} = [V_{armazenamento} \times \rho \times Cp (T_{armazenamento} - T_{ambiente})] / 3600$$

d) Cálculo da área coletora ( $A_{coletora}$ ):

Deve-se levar em consideração:

- ✓ Energia útil ( $E_{útil}$ );
- ✓ Energia perdida ( $E_{perdas}$ );

Maiores informações sobre a relação entre  $E_{útil}$  e  $E_{perdas}$  podem ser encontradas na NBR 15.569 (ABNT, 2008).

- Fator de correção da inclinação e orientação do coletor solar ( $FC_{instal}$ ).
- Segundo a ABNT (2008), esse fator é calculado em função dos ângulos de orientação e inclinação recomendados, conforme equações encontradas na NBR 15.569.
- Produção média diária de energia específica do coletor solar PMDEE;
- Segundo a ABNT, esse fator é calculado em função dos coeficientes adimensionais de perda e ganho do coletor, segundo a NBR 15.569.
- Irradiação média global para a região ( $I_g$ ); segundo a NBR 15.569 (ABNT, 2008)

A Equação utilizada para cálculo da área coletora é:

$$A_{coletora} = [(E_{útil} + E_{perdas}) \times FC_{instal} \times 4,901] / PMDEE \times I_g$$

É recomendável o conhecimento integral da NBR 15.569 (ABNT, 2008) e eventuais atualizações para maiores informações sobre os modelos de dimensionamento.

Porém, apesar das recomendações a respeito de projeto e documentação, ambas as versões da norma a respeito do SAS\_CD, a NBR 12.269:92 e a NBR 15.569:08 consideram a possibilidade da não-existência de um projeto propriamente dito com representação gráfica e a utilização de modelos como esses, nesse caso, a ABNT (2008) coloca que instalação deve ser feita de acordo com alguns enunciados abaixo exemplificados:

“Os coletores solares devem ser instalados conforme especificações, manual de instalação e projeto. Na ausência desses documentos, sugere-se que os coletores sejam instalados voltados para o Norte geográfico [...] com desvio máximo de até 30 graus nessa direção.”

Conforme já foi visto no tópico 2.2, a respeito do recurso solar, além da direção no plano horizontal, o ângulo de inclinação vertical do coletor solar enquanto plano inclinado, também é importante condição a ser observada. Na NBR 15.569 recomenda-se que seja considerado o ângulo da latitude acrescido de 10 graus (e nunca uma inclinação menor do que esse valor em relação ao plano horizontal), em caso de inexistência do projeto propriamente dito.

Conforme o que foi visto no Capítulo 2, aspectos mais contextualizados, tais como a latitude do local deveriam ser considerados, no lugar de uma regra genérica que abre a brecha para que se dispense a ação projetual. Os tópicos seguintes revelarão que mesmo essas recomendações técnicas simplificadas por essa brecha da normatização encontram dificuldades no contexto de aplicação. Isso se deve a uma problemática que envolve a dificuldade de interação entre as escalas construtivas nas dimensões técnica e política e também a necessidade de uma visão mais ampla e questionadora sobre os requisitos de qualidade do ambiente construído como um todo.

### **3.2.2 Matriz de Interação entre as Escalas Construtivas**

O capítulo seguinte, o dos Estudos de Caso, revelará um cenário nem sempre favorável para a interação entre as escalas construtivas.

Com base nos tópicos anteriores, foi aqui proposta uma matriz para ilustrar as possibilidades de interação entre as escalas construtivas, partindo do componente estudado (SAS\_CD). Muito mais do que a delimitação das escalas, nos processos projetuais é preciso haver uma síntese das interações entre elas, que não podem deixar de ser consideradas no processo de aplicação da tecnologia no todo do ambiente.

A matriz aqui proposta é um primeiro passo para modelagens posteriores a nível de Doutorado em função da contribuição com processos de análise e planejamento e aqui possibilita ainda uma organização do estudo e melhor visualização e agrupamento das interações desfavoráveis, duas a duas, entre as escalas construtivas (componente (SAS), edificação, entorno imediato e meio ambiente/urbano) e será utilizada no capítulo seguinte para sintetizar a problemática encontrada nos estudos de caso.

As células abaixo da diagonal central são utilizadas para mostrar a interação desfavorável entre as escalas após a instalação e/ou uso do SAS.

As células acima da diagonal central são utilizadas para estudar residências pré-existentes ou em fase de projeto/construção que estão instalando ou intencionado instalar o sistema, de forma a verificar como estão sendo as decisões de projeto e a qualidade do processo, sob o ponto de vista dos requisitos técnicos para as escalas habitáveis e não apenas do SAS\_CD.

A diagonal da matriz trata separadamente de questões intrínsecas a cada uma dessas escalas habitáveis, mais amplas que o componente. Isso significa ir além do escopo da normatização específica do SAS\_CD, a qual perpassa as outras escalas apenas no que diz respeito à satisfação dos requisitos para esse componente em específico. As escalas mais amplas, habitáveis, também possuem requisitos de adequação, independentemente dos requisitos específicos do conjunto de componentes que as integram. (Tabela 3.4):

Tabela 3.4 - Matriz proposta nessa pesquisa como modelo de análise da utilização da tecnologia solar sob a ótica de escalas arquitetônicas mais amplas. Elaboração da Autora (2007)

<b>Interação desfavorável entre as escalas na fase Pré-instalação</b>				
Escalas	Componente	Edificação	Entorno imediato	Meio Ambiente/ Urbano
<b>Componente</b>	Características intrínsecas ao Sistema de Aquecimento Solar. Ex.: não atendimento à NBR15569.	Complicadores entre o componente e o edifício pré-existente. Ex.: Falta de tubulação de água quente, pouca resistência estrutural, pouco espaço e/ou incompatibilidade estética para tamanho, orientação e posicionamento do sistema.	Complicadores entre o componente e o entorno imediato. Ex.: Sombreamento das edificações vizinhas, estética incompatível com a paisagem.	Complicadores entre o componente e o meio ambiente/ urbano. Ex.: escassez do recurso solar, dificuldade de acesso, custo da importação da tecnologia.
<b>Edificação</b>	Complicadores entre o componente e o edifício pré-existente. Ex.: Comprometimento da estrutura do telhado com o peso do SAS, resultado estético desfavorável, acesso dificultado à manutenção periódica do SAS.	Características intrínsecas à Edificação como um todo. Ex.: projeto sem alvará de construção, devido a não atendimento da legislação, certificação ou controle de qualidade.	Complicadores entre o entorno imediato e a edificação.	Complicadores entre o meio ambiente/ urbano e a edificação.
<b>Entorno imediato</b>	Complicadores entre o componente e o entorno imediato. Ex.: Sombreamento das edificações vizinhas construídas após a instalação, resultado estético incompatível com a paisagem, falta de segurança do equipamento a objetose sujeira de construções.	Complicadores entre o entorno imediato e a edificação.	Características intrínsecas ao lote e suas proximidades. Ex.: Impossibilidade de ocupação do terreno por problemas de desabamento das edificações vizinhas.	Complicadores entre o meio ambiente/ urbano e o entorno imediato da edificação.
<b>Meio Ambiente/ Urbano</b>	Complicadores entre o componente e o meio ambiente/ urbano. Ex.: aumento excessivo no consumo de água.	Complicadores entre o meio ambiente/ urbano e a edificação.	Complicadores entre o meio ambiente/ urbano e o entorno imediato da edificação.	Características intrínsecas à cidade. Ex.: problemas ou legislação ambientais que impedem o loteamento.

**Interação desfavorável entre as escalas na fase Pós-instalação**

### 3.2.3 Considerações sobre Aspectos da Normatização e Certificação das Escalas Habitáveis e o Processo de Integração do SAS\_CD no Ambiente Construído

Na própria NBR 15.569, inevitavelmente são consideradas questões estruturais e de segurança para o processo de inserção do SAS\_CD nas escalas habitáveis.

Porém, no ambiente construído, diversos outros requisitos de qualidade são necessários aos conjuntos formados pela totalidade dos componentes, ainda mais com o surgimento crescente de novas tecnologias e estratégias construtivas voltadas à Sustentabilidade<sup>28</sup>.

Além disso, as concepções individuais, familiares, sociais, culturais etc. sobre esses requisitos variam, o que implica em se considerar que, além das diversas escalas construtivas, há dimensões diversas manifestando-se nas avaliações.

Em busca de um referencial, costumam-se estudar os requisitos das escalas construídas habitáveis (a partir da Escala 2).

### 3.2.3.1 Escala 2 (Edificação)

Para essa escala é comum a referência da ISO 6241 – Requisitos de Desempenho das Edificações, dos quais ficaram conhecidas as versões da década de 80 e 90 (GONÇALVES et al., 1998) (Tabela 3.5):

---

<sup>28</sup> Em função disso, é importante que o modelo matricial proposto para organizar a análise da problemática estabeleça uma relação promissora entre a utilização do SAS e os requisitos de qualidade da edificação. Afinal, esta pode incorporar inclusive outras tecnologias a partir de fontes renováveis como, por exemplo, turbinas eólicas de pequeno porte e essa combinação deve manter os requisitos de qualidade. De acordo com TRIPANAGNOSTOPOULOS & SOULIOTIS (2008), a integração entre turbinas eólicas de pequeno porte, coletores solares térmicos e painéis fotovoltaicos permite uma complementaridade entre diversas tecnologias sujeitas à sazonalidade.

Tabela 3.5 - Requisitos de qualidade para o ambiente construído tratados na ISO 6241 nas décadas de 80 (à esquerda) e 90 (à direita). (GONÇALVES et al.,1998)

ISO 6241	
1. Estabilidade estrutural e resistência a cargas estáticas, dinâmicas e/ou cíclicas	a) Segurança
2. Resistência ao fogo	1. Desempenho estrutural
3. Resistência à utilização	2. Segurança contra incêndio
4. Estanqueidade	3. Segurança no uso e operação
5. Higiene	b) Habitabilidade
6. Qualidade do ar	4. Estanqueidade
7. Conforto Higrotérmico	5. Conforto térmico
8. Conforto Visual	6. Conforto acústico
9. Conforto Acústico	7. Conforto lumínico
10. Conforto Tátil	8. Saúde e higiene
11. Conforto Antropodinâmico	9. Funcionalidade e acessibilidade
12. Conforto Antropométrico	10. Conforto tátil
13. Durabilidade	11. Qualidade do ar
14. Custos	c) Sustentabilidade
	12. Durabilidade
	13. Manutenibilidade
	14. Adequação ambiental

Em sua segunda versão, de 1998, esse modelo de qualidade incorporou o grupo de requisitos “de sustentabilidade” e desconsiderou o quesito “custos”, bem como atualizou a visão da qualidade para três importantes pilares: segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

No decorrer da leitura do capítulo referente à pesquisa de campo, será possível observar a importância de quesitos desconsiderados neste modelo, tais como “Custos”, além de outros como “Estética” ou “Identidade do Usuário com seu Ambiente”, seja esse a casa com SAS\_CD, a vizinhança, o bairro e/ou a cidade (quaisquer das escalas).

Será possível perceber também a politomia entre os conceitos de “habitabilidade”, “sustentabilidade” e “segurança”, na visão dos usuários a respeito da “qualidade” de sua habitação. Segundo MANZINI & VEZOLI (2004), o termo “qualidade” dos produtos e serviços, atualmente está, sob certos aspectos, ligado a um tipo de referência restrita ao microcosmo individual (ou no máximo, à família).

Esse microcosmo individual ou familiar pode distanciar o usuário do conhecimento dos requisitos de segurança e de sustentabilidade, para priorizar apenas requisitos muito subjetivos de habitabilidade.

A partir dessa afirmação, pode-se perceber a abrangência das possibilidades para o conceito de “qualidade” e como são necessários novos valores das dimensões sociais e ambientais que, além de tudo, envolvam as escalas mais amplas do ambiente construído ao se tratar da qualidade na escala 2.

Outra consideração importante é que a ISO 6241 tem no trabalho de diversos autores como PENNA et. al (2002) e ORNSTEIN (1990), grande afinidade com as avaliações pós-ocupação, tradicionalmente realizada através de processos de contato com a visão da qualidade por parte de usuários de uma única edificação.

Recentemente, estudos a respeito da qualidade das edificações (escala 2), representados pela ISO 6241, vêm compartilhando espaço com as certificações de sustentabilidade, facultativas ou obrigatórias, que, devido à ênfase na dimensão ambiental da qualidade, apresentam mais explicitamente uma preocupação simultânea com o entorno da edificação (Escala 3) e o meio ambiente/ urbano (Escala 4), demonstrando, além da dimensão técnica e econômica da edificação, também as dimensões sócio-ambientais da questão da integração. Dessa maneira, a preocupação com a qualidade passa a incluir mais estruturalmente a sustentabilidade.

### 3.2.3.2 Uma visão dos efeitos da Escala 2 sobre as Escalas 3 (Entorno) e 4 (Meio Ambiente/ Urbano): As Certificações de Sustentabilidade

Em um processo ainda muito recente de evolução e debates, as certificações vêm buscando priorizar os requisitos ambientais das edificações (sustentabilidade) e, cada qual a sua maneira, enfrentando a necessária simultaneidade da preocupação com requisitos de habitabilidade e segurança (qualidade habitacional) e até com processos de gestão dos empreendimentos (qualidade total).

De acordo com o LabEE-UFSC (2008), o conjunto dessas ferramentas possui quatro grandes subconjuntos (quando discriminados em função da forma de classificação das edificações: “análise estatística”, “pontuação”, “modelo de simulação” ou “hierarquia e medida de uso final”); e dois grandes subconjuntos (quando discriminados em função das metodologias de avaliação: “baseada na pontuação” ou “baseada no desempenho”).

Dois principais modelos têm sido alvo de constantes debates em função das adaptações para o contexto brasileiro, seus critérios e resultados: o norte-americano baseado em pontuação, *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)*, e a AQUA (Alta Qualidade Ambiental), adaptação da certificação francesa *HQE (Haute Qualité Environnementale)*, baseada em desempenho.

Abaixo os requisitos das edificações em cada um dos modelos nas versões brasileiras de ferramentas de certificação de sustentabilidade (versões de 2008) comparadas com a ISO 6241 (1998) (Tabela 3.6):

Tabela 3.6 - Comparação entre a ISO 6241, a LEED e a AQUA. Elaboração da autora (2008)

ISO 6241	Certificação LEED* (Sustentabilidade)	Certificação AQUA (Sustentabilidade)
<b>a) Segurança</b>	Materiais e Recursos (MR)	<b>Eco-construção</b>
1. Desempenho estrutural	Energia e Atmosfera (EA)	1: Relação do edifício com o seu entorno
2. Segurança contra incêndio	Espaço Sustentável - Site (SS)	2: Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
3. Segurança no uso e operação	Uso Racional da Água (WE)	3: Canteiro de obras com baixo impacto ambiental
<b>b) Habitabilidade</b>	Qualidade do Ar Interno (EQ)	<b>Eco-gestão</b>
4. Estanqueidade		4: Gestão da energia
5. Conforto térmico		5: Gestão da água
6. Conforto acústico		6: Gestão dos resíduos devidos ao uso
7. Conforto lumínico		7: Manutenção - Perenidade dos desempenhos ambientais
8. Saúde e higiene		<b>Conforto</b>
9. Funcionalidade e acessibilidade		8: Conforto higratérmico
10. Conforto tátil		9: Conforto acústico
11. Qualidade do ar		10: Conforto visual
<b>c) Sustentabilidade</b>		11: Conforto olfativo
12. Durabilidade		<b>Saúde</b>
13. Manutenibilidade		12: Qualidade sanitária dos ambientes
14. Adequação ambiental		13: Qualidade sanitária do ar
		14: Qualidade sanitária da água

	Qualidade
	Sustentabilidade

\*Na versão americana, há ainda:  
Inovation  
Acreditted Professionals

Percebe-se, que a certificação LEED, ao contrário da ISO6241, coloca de forma bastante genérica os requisitos de qualidade ambiental interna. A leitura de detalhes a respeito desse quesito da certificação, com destaque para fontes como GBC Brasil (2008), a construtora CUSHMAN & FIELD (2006) e o Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB) (2004), revelam a permanência do enfoque desse quesito na “Qualidade do Ar Interno”. Portanto, esse quesito não cobre explicitamente questões de segurança, antropodinâmicas ou antropométricas<sup>29</sup>, e enfocando apenas o conforto e a saúde possíveis de serem obtidos pela qualidade do ar.

Já a AQUA explicita em seus títulos principais alguns requisitos de “habitabilidade” da ISO 6241, porém nenhum de “segurança”.

A ISO 6241, por sua vez, foca na qualidade habitacional e inclui os requisitos de “sustentabilidade” de uma maneira análoga à abordagem dos requisitos de habitabilidade e segurança por parte das certificações, conforme se pode observar nos destaques em rosa (qualidade) e em verde (sustentabilidade).

São ferramentas evidentemente com diferentes propostas, escopos, momentos históricos e estágios de adaptação. Mesmo assim, no que diz respeito à integração

<sup>29</sup> A não ser no que diz respeito à lei da acessibilidade interna e externa para pessoas portadoras de necessidades especiais.

do SAS\_CD, combinações dessa tecnologia para sustentabilidade com requisitos de segurança, por exemplo, são verificações importantes para a certificação da edificação, assim como a combinação desse sistema com o conforto antropométrico para manutenção do componente.

Outro exemplo, no que diz respeito ao SAS-CD, nas metodologias baseadas em pontuação, como o *LEED*, é preciso esclarecer como se dá a integração dos comitês de “Energia e Atmosfera” e “Uso Racional da Água”, de maneira que a tecnologia solar térmica (energia) seja tratada não apenas em seu benefício de renovabilidade, mas também em seus possíveis efeitos adversos (como consumo de água), que possam efetivamente encontrar um balanço favorável nas combinações com outros componentes, como os de racionalização desse recurso.

Um fator que corrobora essa preocupação é que o requisito da “funcionalidade”, preconizado pela ISO 6241 (e não explicitado no LEED), é um condicionante da organização dos ambientes internos, muitas vezes a despeito da racionalização do projeto hidráulico<sup>30</sup>.

A questão conjunta da água e da energia vem sendo tratada no LEED como um requisito de regionalização para a realidade climática brasileira apenas no que diz respeito ao quesito das águas pluviais e em relação aos pontos positivos do aquecimento de água com energia solar: na versão 3.0-2009, que foi um dos passos da adaptação brasileira do LEED apresentado em reunião em 05/09/2008, a respeito do quesito “Uso Racional da Água, foi atada a seguinte resolução (GBC-BRASIL, 2008<sup>31</sup>):

“Esta nova versão 3.0-2009 a ser lançada em Janeiro de 2009, já contará com o pré-requisito da água proposto pelo Brasil e no decorrer do ano os 4 novos créditos serão incluídos a esta nova ferramenta. Como havíamos proposto 6 créditos novos, 2 deles serão incorporados como estratégias para

---

<sup>30</sup> Embora haja um pré-requisito no Comitê de Energia e Atmosfera quanto ao “Comissionamento dos Sistemas de Energia do Prédio (CUSHMANN & FIELD, 2006) e estejam ocorrendo diversas discussões dos comitês em torno da verificação da adequação técnica de equipamentos energéticos, o LEED e outras certificações ainda necessitam de muitas verificações e debates.

<sup>31</sup> Informação obtida junto à GBC-BRASIL. Ata de reunião do Comitê LEED. 2008. Disponível em: [http://www.gbcbrazil.org.br/pt/index.php?pag=certificacao\\_atas.php&certificado=cert\\_ata\\_ss\\_05\\_09\\_08.php](http://www.gbcbrazil.org.br/pt/index.php?pag=certificacao_atas.php&certificado=cert_ata_ss_05_09_08.php). Acessado pela última vez em Janeiro de 2009.

atendimento a créditos já existentes [Irrigação Eficiente, Técnicas de Reuso e Redução de Água Potável] são eles: Redução do consumo de água através da medição terceirizada e o aquecimento de água por sistema Solar ou Troca de calor. Os 4 novos créditos serão: Adequação de Acessibilidade Interna e Externa, Plano de Impacto Ambiental do Empreendimento, Limitar o desperdício da Construção e o Projetar para o desmonte, desta forma todas as sugestões definidas por este comitê estarão sendo atendidas e incorporadas a nova ferramenta do LEED-NC v3.0 – 2009, no decorrer do próximo ano”.

Essa consideração, que, por enquanto, tem por base as características do SAS-CD estudadas no presente capítulo, será ilustrada na pesquisa de campo através de exemplos de casos reais que, embora não sejam exemplos de edifícios certificados, buscam indicar tanto a importância da integração de requisitos que essas ferramentas preconizam quanto à demanda por verificações constantes de seus critérios e resultados.

Outra observação importante é que certificações como a LEED e também a HQE tratam as delimitações do ambiente construído de maneira a distinguir apenas duas escalas “ambiente interno do edifício” e ambiente externo ao edifício” (Figura 3.3):

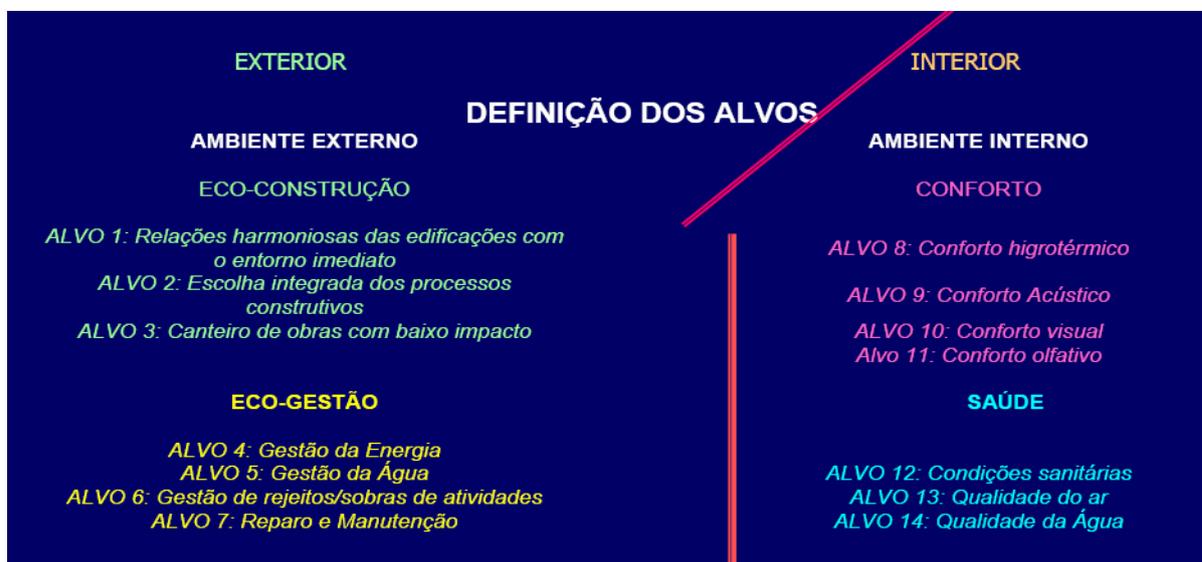


Figura 3.3 - “HQE- Visão Francesa dos Alvos da Certificação. BASTOS & BARROSO-KRAUSE (2005)

Isso é motivado pelas dimensões sócio-ambientais que predominam no escopo das certificações. Porém, para compreender mais amplamente a problemática do ambiente, são necessárias outras dimensões como a política, por exemplo, que traz à discussão as subdivisões do ambiente construído em lotes, vizinhança (bairros e

condomínios), cidades, regiões etc. sobre os quais incidem diferentes legislações. Breves apontamentos sobre o Planejamento Urbano na figura da legislação para o Urbanismo, portanto é o próximo tópico.

### 3.2.3.3 Uma visão dos efeitos da Escala 4 (Meio Ambiental/ Urbano) sobre as escalas 3 (Entorno), 2 (Edificação) e 1 (Componente-SAS\_SD): Indicadores Urbanos de Sustentabilidade

O Urbanismo Sustentável atual traz estudos muito diversos e multidimensionais. Segundo SCUSSEL & SATTLER (2007), correntes diversas, mas não necessariamente divergentes, têm contribuído com o avanço na temática da sustentabilidade e seus indicadores, marcada por seu caráter processual e dinâmico.

A corrente norte-americana pode ser representada por iniciativas como a Carta do Novo Urbanismo Norte-Americano. MACEDO (2007) coloca que:

“a Carta estabelece princípios associados à formação do espaço regional, da cidade, e do bairro, com a intenção de: organizar sistemas regionais articulando áreas urbanizadas centrais com as cidades menores em setores bem delimitados do território, evitando a ocupação dispersa; valorizar a acessibilidade por transportes coletivos; favorecer a superposição de uso do solo como forma de reduzir percursos e criar comunidades compactas; estimular o processo de participação comunitária, e retomar os tipos do urbanismo tradicional relativos ao arranjo das quadras e da arquitetura”.

Da mesma forma que a ferramenta norte-americana *LEED* e a obra de BROWN & DEKAY (2002), as estratégias de sustentabilidade na América do Norte aqui estudadas, assim como essa Carta, tendem a uma metodologia de checagem de requisitos prescritos, com estratégias aplicáveis a diversos contextos diferentes.

Por sua vez, a corrente europeia do Urbanismo, representada no presente estudo pela já citada autora HIGUIERAS (2006), busca um raciocínio matricial de relacionamento dos elementos construtivos das diversas escalas com os indicadores ambientais dos contextos estudados, assim como ZAMBRANO (2004) apud

TEIXEIRA & AMORIM (2007). O contexto específico da cidade ou região estudada também é importante para a metodologia francesa HQE<sup>32</sup>, assim como o raciocínio matricial tem semelhança com a AQUA e a ISO6241.

Quanto ao Planejamento Urbano, ainda há grande complexidade entre as dimensões para se conciliar a legislação urbana com os incentivos às tecnologias renováveis. Porém, no que diz respeito aos efeitos da Escala 4 sobre as escalas mais restritas como o SAS\_CD, já se percebe que os requisitos das cidades compactas têm de ser conciliados com o direito ao sol das edificações. Trabalhos como o de PEREZ (2007), utilizam para isso o envelope solar, que ele coloca “permitir formar um volume imaginário sobre o terreno dentro do qual o edifício deve ficar inserido para não provocar sombras indesejáveis sobre os edifícios vizinhos”. Assim, conhecendo esse volume, é possível uma contribuição com o Planejamento Urbano, de forma a não sub-aproveitar áreas horizontalizadas que prejudiquem os princípios da cidade compacta, nem tampouco permitir uma verticalização que prejudique o trinômio insolação-ventilação-iluminação.

Também trabalhando em um contexto de condomínios fechados residenciais horizontais (Campinas), PEREZ (2007) concluiu que, “para os empreendimentos horizontais, as leis urbanísticas correspondem adequadamente, e ainda existem folgas na sua aplicação, mas para outras partes da cidade, de urbanização consolidada, percebe-se que a legislação permitiu, pelos gabaritos, alturas que extrapolam os limites da volumetria dos envelopes solares”.

### **3.2.4 Considerações a Respeito da Legislação para Coletores Solares**

Recentemente, a exemplo de experiências internacionais anteriores, agentes governamentais têm se mostrado ativos na questão da tecnologia solar térmica. A exemplo de diversos países, alguns municípios brasileiros vêm instituindo obrigatoriedade e/ou incentivos para que ao menos parte da demanda do

---

<sup>32</sup> Cf. GAZZANEO & LARANJA (2008)

aquecimento de água seja suprida pela energia solar em substituição ao aquecimento elétrico.

Segundo a ABRAVA (2007), oito municípios por ano em média tendem a procurá-los em busca de orientação a respeito dessa tecnologia. Entre 2001 e 2008, no Brasil, nos municípios de Varginha (MG), Porto Alegre (RS), Birigui (SP), Belo Horizonte (MG) e São Paulo (SP) já passaram a vigorar leis a respeito e diversos outros municípios já contam com iniciativas como incentivos e projetos de Lei: Americana, Campinas, Curitiba, Juiz de Fora, Peruíbe, Piracicaba, São José dos Campos, Rio de Janeiro, dentre outros.

Lições de experiências internacionais como as *ordenanzas solares* das cidades espanholas podem ser úteis para o caso brasileiro nesse aspecto, já que a instalação dos coletores na Espanha possui uma relação mais explícita com a Integração Arquitetônica e Urbanística nas fases de concepção, de construção e também de utilização.

Um exemplo dentro da RMSP é A Lei 14.569, que passou a vigorar no município de São Paulo, em torno do qual as regiões aqui estudadas apresentam utilização espontânea da tecnologia. Essa lei foi baseada nas *ordenanzas* solares espanholas, mas estas não foram aproveitadas integralmente para a elaboração da lei brasileira<sup>33</sup>, regulamentada pelo Decreto 49.148 em Janeiro de 2008, e cuja entrada em vigor ocorreu em 19 de Julho de 2008. Esses documentos remetem à Norma 15.569 da ABNT, já estudada neste Capítulo. A lei ainda é muito recente para que sejam avaliados com profundidade os resultados de sua aplicação. Porém, a maior parte das críticas a respeito dela ocorre em função de fatores, como a não-vinculação com as possibilidades urbanísticas e brechas para seu o não-cumprimento, não adequação ou aceitação<sup>34</sup>, além de diversos fatores complexos da conjuntura da construção civil brasileira, dentre os quais estão irregularidades construtivas. Dentre estas há casos de não-correspondência entre o que é realizado em obra e o que fôra documentado nas peças gráficas do projeto. Os responsáveis

---

<sup>33</sup> Nota informal obtida em reunião com representante da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de São Paulo em 2008.

<sup>34</sup> Cf. FOLHA DE SÃO PAULO (2007).

pela iniciativa na Prefeitura também ressaltam que, juntamente com essa iniciativa quanto ao SAS\_CD e a norma técnica correspondente, está havendo preocupação dos órgãos quanto à visita aos locais da construção.

Porém, o presente trabalho revelará ainda a importância da preocupação com a fase de utilização do equipamento. Esse aspecto, dentre outros, são mais detalhados em trechos da *ordenanza solar* de Barcelona, conforme será visto no Capítulo 5. Notar-se-á também uma visão mais sistêmica do ambiente construído na *ordenanza solar* espanhola<sup>35</sup> em relação à iniciativa brasileira, no que diz respeito tanto à dimensão técnica quanto à dimensão política da questão solar.

Idealmente, um modelo que poderia contribuir com a visão sistêmica foi aqui proposto e ilustrado através do diagrama da Figura 3.4.

Através do acompanhamento jornalístico e presencial das iniciativas de debates em torno da questão da energia solar térmica<sup>36</sup>, foram identificados e delineados quatro grandes grupos de potencial influência sobre a legislação sustentável da construção civil: A) setor da construção civil (que resiste em parte à mudança de paradigma construtivo), B) setor de certificação em qualidade total da construção civil (ainda incorporando as tecnologias sustentáveis), C) setor de certificação em sustentabilidade (ainda enfrentando problemas novos e um pouco distanciada dos requisitos de qualidade) e D) setor específico da energia solar térmica (muitas vezes com um conhecimento deficiente da relação entre as escalas).

Sob a ótica da dimensão política no contexto capitalista globalizado em evolução para a sustentabilidade, a implantação da regulamentação técnica da esfera do governo até a esfera do cliente residencial tende a passar por esses quatro grandes grupos. Porém, esse processo tende a oscilações, as quais dependem do nível de influência de cada grupo no governo. Apesar das imperfeições e da complexidade dos processos políticos, é cada vez mais comum a gestão participativa de consultores técnicos (Figura 3.4):

---

<sup>35</sup> AGÈNCIA D'ENERGIA DE BARCELONA (2006)

<sup>36</sup> Cf. PINIweb 2008a, 2008b, 2008c, 2008d, 2008e, VALDEJÃO & GEROLA (2007) e Revista AU (2008).

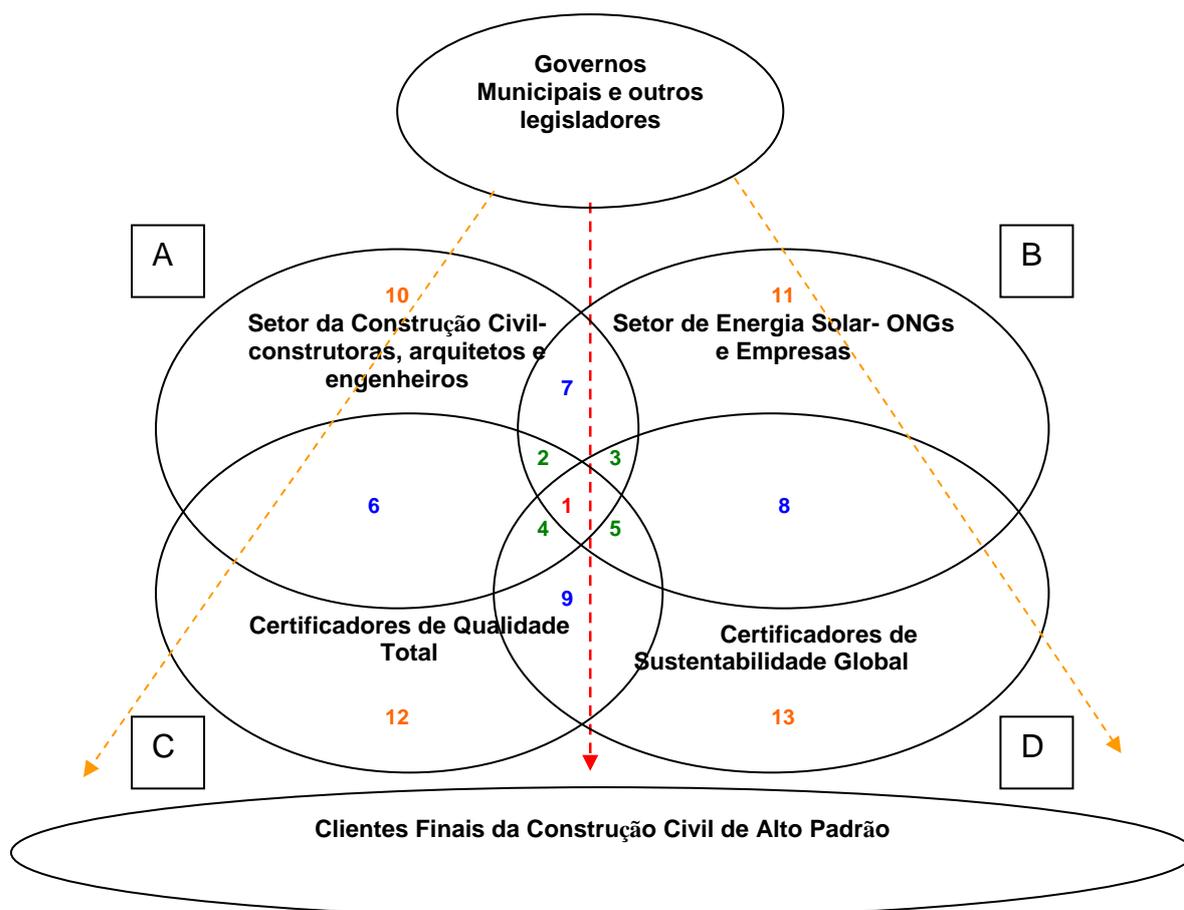


Figura 3.4 – Modelo ideal da influência de grupos dos setores envolvidos na questão solar no processo de Planejamento Urbano com ênfase no SAS-CD. Elaboração da autora (2008)

As flechas meridionais vermelha (central) e laranja (diagonais) representam a relação entre a legislação e o cliente da construção civil. As elipses A, B, C e D, que passam por elas, representam os principais grupos técnicos de atores da questão solar e suas intersecções numeradas de 1 a 13 representam subgrupos de atores interessados em setores comuns:

**Setor Vermelho:**

Em geral, na intersecção de número 1, temos profissionais acadêmicos, críticos, de conhecimento múltiplo e com certo potencial de visão mais independente, imparcial, científica e abrangente.

**Setor Verde:**

De 2 a 5, existe tendência ainda acadêmica a modelar e integrar conhecimento, porém possuem alguma distância de uma das 4 zonas de interesse e conhecimento necessários.

A zona 2 agrupa atores que já são familiarizados com a construção civil, sua qualidade total em moldes tradicionais e a energia solar, porém, ainda não são familiarizados com outras tecnologias para a sustentabilidade global. Em geral são arquitetos que se atualizaram na questão solar, devido ao contexto obrigatório ou a demanda dos clientes e dos grupos de pesquisa, mas seus projetos e/ou pesquisas ainda não geram outros partidos arquitetônicos para a sustentabilidade além do paradigma tradicional ou de uma das tecnologias solares. Esses atores procuram atuar no curto e médio prazo contribuindo para a utilização de tecnologias específicas no contexto arquitetônico e urbano tradicional.

A zona 3, por sua vez agrupa pessoas próximas da construção e da sustentabilidade a partir de diversas energias renováveis, mas tendem a abrir mão de alguns conceitos de qualidade total que ainda não incorporaram as novas tecnologias que dominam. Em geral são profissionais e pesquisadores que criam e/ou aplicam novas tecnologias sustentáveis, as quais deverão ser incorporadas à qualidade total da construção no longo prazo.

A zona 4 agrupa atores da construção civil, familiarizados com sua qualidade, porém de grupos que são potenciais opositores à tecnologia solar em função da especialidade em outras tecnologias de sustentabilidade na construção civil ou ao desconhecimento do SAS, estilo próprio de projeto de telhado, hidráulico, mão-de-obra de costume, resistência a alguma experiência ruim com fabricantes, pouca demanda dos clientes etc.

A zona 5, por fim, agrupa pessoas que conhecem os modelos teóricos de qualidade total, sustentabilidade global e energia solar, mas não atuam na prática diretamente na construção civil, além desse componente. Em geral são profissionais da construção, como arquitetos, por exemplo. Porém, sua atuação mercadológica está ligada exclusivamente ao Sistema de Aquecimento Solar, não tendo interferência no projeto e implantação urbana da residência. Seu conhecimento em qualidade e

sustentabilidade é importante para a instalação do coletor, mas esse profissional não tem poder de decisão sobre a construção como um todo em todos os casos.

#### Setor Azul:

As interseções 6 a 9 agrupam um número de pessoas que tende a ser maior na atual conjuntura, mas que têm um conhecimento e/ou atuação mais parcial.

A zona 6 agrupa o setor da construção de qualidade, porém, com tendência aos moldes tradicionais de construção, investimento e custo, que resiste à divisão de responsabilidades com os novos grupos da construção sustentável. Em função de profissionais dessa zona de análise, muitos clientes do alto padrão ainda representam demanda significativa, devido às dúvidas e aos custos e ao desconhecimento de novas tecnologias, além do status de alguns partidos arquitetônicos e urbanísticos tradicionais, já tratados em tópicos anteriores deste capítulo.

A zona 7 é um grupo mais prático, pouco teórico e característico da construção nacional, um pouco distanciado da qualidade total e do conhecimento mais profundo da sustentabilidade e certificações. No contexto das tecnologias solares obrigatórias ou da demanda dos clientes residenciais, é natural que esse grupo procure incorporação, ainda que superficial, dos sistemas de aquecimento solar em seus projetos.

A zona 8 agrupa os interessados em sustentabilidade, como ONGs do setor solar e fabricantes de equipamentos que buscam um conhecimento em diversas tecnologias sustentáveis, porém que desconhecem outros aspectos importantes da construção civil e sua qualidade total.

#### Setor Laranja:

As zonas do setor laranja, de 10 a 13, representam também um grupo grande de pessoas, porém, com tendência cada vez maior de ter de migrar para zonas do setor azul, devido ao aumento gradativo do nível de informação, que influi na dinâmica econômica.

São empreendedores competitivos, em geral, com conhecimento muito especializado, (agentes fortes do mercado em suas áreas), ou muito superficial e incipiente.

A zona 10 é o setor tradicional de porte médio da construção civil que terá de se atualizar muito para os novos paradigmas, investindo em treinamento em sustentabilidade e qualidade.

A zona 11 são os interessados ainda exclusivamente no mercado do aquecimento solar, porém que resistem ao conhecimento da construção civil e dos outros grupos da sustentabilidade, como o setor de uso racional da água ou mesmo os que resistem à qualificação de seus próprios equipamentos.

A zona 12 são os agentes da qualidade total, que aos poucos terão de incorporar as tecnologias renováveis.

E, por fim, a zona 13 são os grupos, por vezes globalizados, das diversas certificações de sustentabilidade concorrentes, que tendem a defender os prós de suas metodologias, apesar dos questionamentos e da necessidade de qualidade total na mudança do paradigma construtivo.

Quanto mais próximo da flecha vermelha for o processo de regulamentação por parte do governo sobre as construções residenciais, mais chance da qualidade e da sustentabilidade terem respaldo e gerarem resultado na aplicação de coletores solares a partir de conhecimento técnico equilibrado entre os especialistas em componentes solares e em escalas mais amplas do edifício e da cidade.

Porém, as elipses que representam o governo e os clientes deslocam-se de maneira bem menos ortogonal e simétrica em relação aos atores da construção e com eles também formam complexas intersecções, que podem determinar infinitas posições e desvios analógicos para as posições de cor laranja da flecha da regulamentação técnica, dependendo dos grupos que sustentam o sistema político.

Os resultados da instalação, utilização e projeto dos coletores que foram pesquisados, em locais onde a utilização do SAS\_CD é espontânea e ainda não há legislação específica, ajudarão a ilustrar a importância da legislação. Mas poderá ser compreendido que é importante que a lei dê respaldo para um conhecimento técnico abrangente, uma conscientização do senso comum quanto à importância desse conhecimento técnico e uma gestão política participativa entre os setores do diagrama: qualidade, sustentabilidade, energia solar térmica e construção civil. Assim, potencializa-se o surgimento de uma interface entre o legislador e o uso final com melhores chances de efetividade e legitimação da sustentabilidade.

O próximo capítulo apresenta os estudos de caso a respeito e revelarão, além das deficiências nesse modelo, que aspectos não enfatizados pelo próprio setor de qualidade, sustentabilidade e energia solar, (como custos, estética e identidade do usuário com o ambiente construído), são variáveis importantes no processo projetual e de decisão pela energia solar térmica, que ficam muito nítidos no contexto de utilização espontânea da tecnologia, tendo, portanto, uma dimensão sócio-cultural, turística e mercadológica que deve ser considerada por uma legislação planejada sobre esse modelo. Dentro dessa linha, o capítulo posterior fará ainda um contraponto com aspectos de iniciativas correlatas na França, Espanha e em Portugal relacionados a essas questões.

## **4 ESTUDOS DE CASO**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

#### **4.1.1 Motivação**

A busca de uma visão humanizada da utilização da tecnologia solar térmica como base dos questionamentos propostos pela presente dissertação foi o enfoque do processo para a elaboração desta pesquisa de campo. É necessário conhecer o cenário e os agentes de aplicação da tecnologia, bem como suas relações com processos de aceitação/ rejeição e outros resultados.

#### **4.1.2 Objetivos**

Seu objetivo foi elaborar um retrato qualitativo para ilustrar e revelar algumas combinações de variáveis típicas do contexto real de aplicação da tecnologia solar térmica em condomínios fechados da RMSP, com base na ótica escalar e de qualidade total proposta pelo trabalho.

#### **4.1.3 Aspectos metodológicos**

Com base em HILL (2002) e a exemplo de autores da área de qualidade na construção civil<sup>37</sup>, optou-se por uma pesquisa quantitativamente mais restrita e com abertura para variáveis desconhecidas.

---

<sup>37</sup> Cf. FORMOSO & INO (2003) e MELHADO (2002, 2004).

#### 4.1.3.1 Instrumentos

Essa pesquisa propôs um guia para uma entrevista e observação in loco de maneira semi-estruturada, embora abrangente. O guia (Anexo A) foi elaborado com base no atual estado da arte das recomendações técnicas e, portanto, em muitos casos, pôde ser também um instrumento informativo a respeito de aspectos importantes da tecnologia que tendem a ser desconsiderados.

O formato-guia tornou-se um instrumento útil e prático tanto para processos de observação quanto de coleta de depoimentos espontâneos ou aplicação de entrevistas, já que, para algumas pessoas, o depoimento revelou-se mais confortável do que a entrevista e para outras, a entrevista (completa ou incompleta) foi a abordagem preferida e mais fluente.

#### 4.1.3.2 Limitações

O processo de aplicação exigiu a notação rápida e seletiva das informações cedidas pelas famílias ou seus representantes, respeitando-se as recomendações e regras de abordagem das residências, resultantes de acordo prévio com os condomínios.

As empresas que colaboraram o fizeram por escrito e puderam limitar o eventual acesso a dados confidenciais.

A utilização de depoimentos merece a ressalva de que há nesse processo um nível significativo de subjetividade, porém a subjetividade é parte importante do retrato humanizado da aplicação da tecnologia proposto nesse capítulo e algo que permeia diversos aspectos da construção arquitetônica do ambiente.

#### 4.1.3.3 Ética

Com base na leitura de artigos de autores, dentre os quais se destaca PAIVA (2005), optou-se por um processo ético de seleção e divulgação das informações recolhidas, as quais fossem suficientes para as críticas e reflexões a respeito do assunto da pesquisa, mas não exigiram a identificação das residências, nomes das pessoas ou de empresas e endereços, nem mesmo o condomínio fechado específico de coleta de cada depoimento, sendo que a pesquisa incluiu condomínios de diversas cidades da RMSP.

Esse cuidado é importante para questões éticas como o respeito ao direito ao anonimato, à privacidade e liberdade de escolha em responder e divulgar (ou não) questões relacionadas a hábitos, preferências, fatos e escolhas pessoais, profissionais e familiares. Afinal, é importante considerar que há uma análise sendo feita sob o ponto de vista crítico de especialidades muitas vezes alheias ao conhecimento profissional dos depoentes: a Arquitetura e o Urbanismo.

Optou-se pela utilização de descrições escritas, desenhos e a restrição das fotos utilizadas a imagens aéreas, tiradas sob ângulos de acesso público ou restritas a pequenos detalhes construtivos que os colaboradores tenham permitido fotografar.

Os aspectos éticos são ainda mais delicados em se tratando de atores analisados de forma coletiva e mais genérica, tais como “o setor da construção civil” ou “o setor governamental”, e houve, em função disso, uma constante pesquisa em fontes jornalísticas, para verificação de opiniões diversas, e também em fontes do meio acadêmico. Esta preocupação norteou a pesquisa de campo, tanto em função do preparo teórico antes e durante as visitas de campo quanto em função da posterior explanação sobre questões remetidas pelo cenário encontrado.

#### 4.1.4 Resultados

Espera-se que os colaboradores tenham acesso ao texto final e que possam tirar dele boas contribuições e eventualmente também debatê-lo.

A colaboração dessas pessoas, apesar dos diferentes níveis de interesse, ajudou a demonstrar que, no contexto estudado, há um cenário de grande abertura para a discussão de tecnologia solar térmica.

O resultado foi um retrato revelador, permeado com a contribuição dos depoentes com a descoberta de novas combinações de variáveis em contextos pontuais, às quais as atuais iniciativas técnicas e políticas eventualmente não estejam se compatibilizando, sendo esta situação em si mesma objeto para a pesquisa de campo entre outros agentes da questão solar térmica, além dos condôminos.

Um retrato como este é importante caracterizador qualitativo tanto de limitações quanto das tendências para a utilização da tecnologia, cuja robustez claramente se manifestou, apesar das falhas e paradigmas em fases como as de projeto e manutenção, dentro do complexo, e por vezes subjetivo, conceito de “qualidade”, cujos agentes responsáveis pelo partido arquitetônico predominante podem ser identificados tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta do mercado de construção.

## 4.2 ESTUDOS DE CASO ANTERIORES À NBR 15.569:08

A residência do caso 1 refere-se a um SAS\_CD instalado na década de 80, anterior à própria norma antiga, NBR 12.269:92, e a normas de qualidade total.

Os casos 2, 3, 4 e 5 referem-se a sistemas da década de 90, contemporâneos a esta primeira versão da normatização técnica.

Mais à frente, serão estudados casos posteriores à NBR 15.569 em outros condomínios da RMSP.

#### **4.2.1 Residência 1 – Informações gerais**

##### 4.2.1.1 Escala 3. Entorno imediato

A propriedade está localizada em um lote de esquina, com fachada principal Oeste voltada para a rua e fachada lateral Norte, mais ampla, voltada para um canteiro arborizado público, no qual a vegetação alta foi locada com recuo significativo em relação à casa. A altura máxima dessa vegetação não chega<sup>4</sup> à cota do beiral do telhado. As faces Leste e Sul são voltadas às residências vizinhas de fundo e lateral, respectivamente. O terreno possui 456 metros quadrados em um condomínio residencial horizontal fechado na RMSP.

##### 4.2.1.2 Escala 2. Edificação

A residência é formada por dois andares regulares e sobrepostos em “L”, em cuja cobertura caem para o norte e o sul as águas do telhado mais amplas e para o leste e oeste as águas do telhado de menor superfície. As quatro águas do telhado possuem formato abaulado (em arco externo côncavo) com telhas cerâmicas, de inclinação mínima inferior a 40%. A cota topográfica do terreno decresce em direção aos fundos dessa residência de três amplas suítes.

A casa é de uso permanente há 21 anos. Foi construída sem a participação de arquitetos. O depoente informou que não há desenhos executivos muito detalhados, mas houve posteriormente assinatura de um profissional habilitado para os trâmites de aprovação.

A família era composta por 4 pessoas residentes (um casal e duas filhas) e uma funcionária doméstica. Há algum tempo, estão como residentes apenas o casal e a filha mais nova: duas pessoas com mais de 60 anos e uma pessoa entre 30 e 45 anos de idade. Hóspedes para pernoite ou funcionários temporários não chegam a ser freqüentes, nem mesmo anualmente.

As vazões dos modelos dos chuveiros utilizados nesses 21 anos, segundo os depoentes, variaram entre 7 e 9 litros/minuto. O tempo de banho é intencionalmente controlado pelos moradores atuais (o casal, com banhos vespertinos na suíte principal com duração média de 8 minutos cada, e a filha, com banho noturno de 9 minutos na suíte das filhas). Apenas a filha mais velha, que atualmente não mora mais na residência, costumava prolongar o banho também noturno por cerca de 20 minutos. Os depoentes declararam que a razão desse controle é a falta de água freqüente na região, além do que preferem se habituar ao iminente aumento no preço da água.

#### 4.2.1.3 Escala 1. SAS

Durante a fase estrutural da obra, lhes foi oferecido por um vendedor um SAS utilizando o fenômeno de termossifão (circulação natural) com quatro placas coletoras (o critério utilizado para o dimensionamento foi: “uma placa por morador”) e reservatório em uma caixa d’água adicional comum com sistema complementar elétrico (resistência). Houve interesse imediato da família, devido às possibilidades de se economizar energia elétrica. O sistema é utilizado apenas para água quente do banho das três principais suítes e se localiza mais próximo da suíte principal do casal do que da suíte de hóspedes ou da suíte das filhas.

Os depoentes não souberam informar o volume do reservatório e os detalhes dos componentes do sistema, mas afirmaram que tudo foi concebido de forma muito artesanal e simples, devido ao estado da arte da tecnologia na época. Não havia nem mesmo a válvula anti-congelamento ou manuais técnicos para utilização e manutenção.

Não foram utilizados desenhos para projeto nem para coleta de dados quaisquer do entorno e da residência, nem para representação do SAS para a construção, que foi feita “de maneira prática em obra pela pessoa que o vendera”. Lembram-se apenas de que, na fase de construção, foi considerada “a direção mais favorável” (N), a localização da suíte principal, a existência ou não de tubulação de água quente e o número de moradores. Não foi sugerido (e a residência não possui) nenhum componente ou sistema para reuso ou recirculação de água no SAS.

Nenhuma adaptação especial foi recomendada em relação à fixação de coletores planos em telhado abaulado em relação a questões estéticas, estabilidade, ventos ou acúmulo de sujeira.

#### 4.2.1.4 Resultados do SAS no Caso 1

Os depoentes declaram-se muito satisfeitos: aprovam o sistema de aquecimento solar, devido à efetiva economia de energia elétrica. Não realizaram nenhuma manutenção periódica recomendada nas caixas d’água, nem em nenhum subcomponente do SAS, durante 16 anos. Foi depois desse longo período que houve, pela primeira vez, um vazamento, identificado ao gerar danos decorrentes da umidade. O vazamento ocorreu, segundo os moradores, devido a uma falha conjunta na bóia e no ladrão.

Nessa época, houve também problemas para a água ser aquecida pela resistência elétrica do reservatório que, diziam os profissionais chamados, estava corroída e não havia possibilidade de substituição desta única peça de forma compatível com o sistema antigo. O sistema ficou parado por quatro anos, tendo sido ligados os chuveiros elétricos nesse período. Um dos moradores conta que, há um ano, com a ajuda de um funcionário de obras sem conhecimento técnico específico, “improvisou” uma emenda na resistência antiga através de um fio de cobre e, desde então, o sistema de aquecimento solar tem estado novamente ativo<sup>38</sup>.

---

<sup>38</sup> Nenhum problema foi declarado pelos moradores nesse ano de utilização da solução improvisada, mas, segundo a PROCOBRE (2006), perdas energéticas por efeito Joule, bem como riscos de

Os depoentes também declararam que sempre houve algum ruído noturno proveniente do sistema hidráulico, mas não souberam responder se, durante a pausa na utilização do SAS, houve diferenças nesse quesito, pois, segundo eles, é algo quase imperceptível.

Outra observação importante da visita ao local: o banheiro das filhas está bastante distante do banheiro do casal e do SAS\_CD, localizados estes na ala oeste do pavimento superior (aberturas externas a norte) e aquele na ala leste (aberturas externas a norte e leste), no extremo oposto do pavimento. Ou seja, entre os dois banheiros principais, há o espaço dos quartos do casal e das filhas, cada um com três ambientes: sala de estudo, dormitório e *closet*. A filha mais nova, que ainda é moradora da residência, explicou que o tempo de espera para que água quente saia do chuveiro de sua suíte varia de 2 minutos, em dias quentes a 5 minutos, em dias frios.

Além disso, vale perceber um detalhe: os banhos na suíte das filhas são, em geral, noturnos, momento em que a água no SAS tende a estar ainda mais fria e com menos chances de ser efetivamente utilizada. Já no banheiro do casal, segundo os depoentes, a água esquenta com mais rapidez nas duas condições, mesmo em horários noturnos.

#### 4.2.1.5 Considerações

O último parágrafo do tópico anterior revela indícios da necessidade de se verificar, caso a caso, a importância das variáveis da configuração do circuito que vai do ponto de abastecimento ao ponto de consumo nas suítes, em conjunto com as do circuito primário, reservatório térmico e coletores solares, enfim, todos os subcomponentes que potencializem perdas térmicas significativas.

---

incêndio podem ser potencializados em instalações elétricas que operam fora das condições de projeto e devido a modificações realizadas nas instalações, como emendas mal feitas e utilização de materiais de má qualidade (fios de 2ª categoria, materiais elétricos feitos de metais ferrosos banhados de cobre ou latão).

Segundo PRADO et al. (2007), “as perdas de calor nas tubulações, da mesma forma que nos reservatórios, dependem das temperaturas da água e do ar, do regime de escoamento do líquido, da resistência térmica dos materiais empregados, da velocidade do vento e da posição da tubulação (horizontal, vertical ou inclinada). Esta situação exige uma solução interativa (...)”. Segundo INCROPERA & DEWITT (1992) apud PRADO et al. (2007):

“o problema não é um problema simples, pois além de dependerem de diversas propriedades do fluido, como densidade, viscosidade, condutividade térmica e calor específico, (...) dependem da geometria da superfície e das condições do escoamento”.

Nesta residência em específico, o SAS\_CD contou com reservatórios convencionais e não com os do atual estado da arte, pelos quais se potencializaria maior eficiência térmica no sistema (Tabela 4.1):

Tabela 4.1 – Valores de condutividade térmica de alguns materiais utilizados para reservatórios, tubulações e isolantes. (ARRUDA, 2004 apud PRADO et al., 2007)

Material	k (W /m.°C)
<b>1 – Tubulações e Reservatórios</b>	
1.1 – Aço carbono zincado a quente (Aço galvanizado)	44,9
1.2 – Cobre	339
1.3 – Policloreto de vinila clorado (CPVC)	0,138
<b>2 – Isolantes</b>	
2.1 – Lã de Vidro	0,038
2.2 – Polietileno expandido	0,035
2.3 – Poliuretano de baixa densidade	0,020

Além disso, o melhor conhecimento dos hábitos de utilização poderiam até mesmo ter permitido um questionamento sobre ““locar o SAS sobre a “suíte principal”” que, em 100% dos casos observados na pesquisa de campo em que houve o acompanhamento do agente do setor de aquecimento solar, foi a “regra geral considerada para a instalação”.

Vale questionar se, para efeito de projeto, o conceito de “suíte principal” não deveria ser ligado ao de “suíte menos favorecida”<sup>39</sup>, no caso a suíte das filhas, com igual número de usuários e banhos diários em relação à suíte do casal, porém com maior tendência para banhos noturnos, pelo menos na época em que havia duas pessoas utilizando aquela suíte. Esse questionamento específico é algo que exige uma pesquisa controlada, que não é o escopo desse trabalho. Para este, interessa o estudo da questão apontada, por esta indicar a inexistência da integração projetual, mesmo quando haveria possibilidade de priorização de uma solução para o quesito “uso racional da água”, por exemplo. Mesmo apenas considerando a Escala 2, sem a preocupação com o quesito água na escala urbana, ou seja, desconsiderando-se a questão ambiental desse recurso, já pode haver uma perda no quesito conforto durante os banhos, além do ruído.

O interessante foi notar que a setorização dos ambientes das suítes do pavimento superior segue de fato uma priorização do tipo de utilização preferida pelos moradores. A observação arquitetônica revela indícios da intenção da disposição dos ambientes em função dos quesitos: circulação, vista da paisagem, insolação, ventilação, modulação, privacidade e setorização. Mas não parece ter havido no processo decisório de projeto a consciência ou a consideração da inclusão da racionalização do projeto hidráulico, que inclui também a melhor disposição possível das chamadas “paredes molhadas” em função de economia nas tubulações, minimização do ruído ou condições compatibilizadas com as características de um SAS-CD.

De qualquer forma, essa consideração é importante para uma maior consciência da necessidade de contextualização das dicas relacionadas à prática comum dos instaladores, muitas vezes utilizadas como “regra geral de projeto do SAS”: sem o projeto arquitetônico integrado caso a caso, em geral não se consideram os níveis mínimos para cada quesito de qualidade e pouco se conhece dos hábitos familiares. Por mais que estes sejam mutáveis, um investimento maior no tempo de planejamento potencializa minimizar ou mesmo conscientizar os moradores das

---

<sup>39</sup> Em uma das residências visitadas em que há um sistema de aquecimento a gás e não houve instalação do coletor solar por questões estéticas, a família passou a utilizar com mais frequência o banheiro mais próximo do reservatório, ou seja, houve uma adaptação à condição desfavorável do aquecedor de acumulação.

conseqüências das decisões relacionadas ao projeto de Arquitetura. Isso se relaciona à questão dos ruídos. É importante lembrar que ruídos em tubulações hidráulicas são comuns e suas causas múltiplas e variadas, assim como soluções ótimas de tendência custosa.<sup>40</sup> Também é significativo o nível de adaptação das pessoas a ruídos repetitivos, porém isso não significa que não haverá conseqüências prejudiciais. Segundo MIQUELIN (1992) apud ABDALLA et al. (2004), o ser humano tem uma capacidade de adaptação às mais diversas condições ambientais, mas ABDALLA et al. (2004) colocam que:

“através da humanização dos ambientes, a arquitetura pode amenizar os diversos efeitos nocivos (...), utilizando meios racionais ou subjetivos, agentes externos ou agentes internos, mas produzindo espaços apreendidos de forma diferenciada por cada indivíduo”.

---

<sup>40</sup> Cf. TECHNE (2008a)

A seguir, a matriz proposta no Capítulo 3 será aplicada para sintetizar o estudo de caso 1.

Tabela 4.2 – Principais problemas encontrados no caso 1, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<p><i>Reservatório térmico de baixa eficiência</i></p> <p><i>Caixa d'água com problemas mecânicos</i></p> <p><i>Complementar elétrico sem manutenção adequada</i></p> <p><i>Sistema antigo: incompatibilidade de peças para reposição</i></p> <p><i>Ausência de componentes importantes, como a válvula anti-congelamento</i></p> <p><i>Baixa eficiência geral do sistema</i></p>	<p><i>Falta de integração do projeto do SAS-CD com o projeto estrutural e arquitetônico (locação das suítes)</i></p> <p><i>Desconsideração do conforto antropométrico para maior facilidade de manutenção do sistema</i></p>		
	Edificação (lote)	<p><i>Problemas estruturais potenciais (desinformação sobre a estrutura)</i></p> <p><i>Problemas de higiene e saúde potenciais (vazamentos)</i></p> <p><i>Problemas no conforto higrotérmico (demora no aquecimento de água)</i></p> <p><i>Problemas no conforto acústico (ruído das tubulações hidráulicas)</i></p> <p><i>Custos (economia evitada com energia elétrica e água)</i></p>	<p><i>Falta de racionalização do projeto hidráulico integrada à setorização de ambientes (projeto arquitetônico propriamente dito).</i></p> <p><i>Terreno em declive: problemas estruturais potenciais manifestados nas escadas externas, devido ao declive topográfico.</i></p>		
	Entorno				
	Meio Ambiente/Urbano	<p><i>Consumo excessivo de água durante o funcionamento</i></p> <p><i>Consumo de eletricidade devido ao tempo de não funcionamento e baixa eficiência no sistema</i></p>			<p><i>Falhas freqüentes no abastecimento de água e energia elétrica</i></p>

Observou-se também que não há legislação específica para o SAS\_CD, ficando este por conta do cliente final. Nesse processo, foi aproveitado apenas o conhecimento técnico dos agentes da construção civil e do setor de energia solar sem integração projetual e sem conhecimento aprofundado da Qualidade Total e da Sustentabilidade como um todo, que envolve várias escalas do ambiente.

## **4.2.2. Residência 2. Informações gerais**

### **4.2.2.1 Escala 3. Entorno imediato**

A residência se localiza em um lote planáltico em um condomínio fechado residencial horizontal. A área do terreno é de 300 m<sup>2</sup> (10m x 30m) de face NO. A frente do terreno dá para uma praça gramada com uma vista permanente de um espaço verde interno ao condomínio. O terreno possui vizinhança, nas duas laterais e aos fundos, com outras construções e terrenos.

### **4.2.2.2 Escala 2. Edificação**

A casa resultou de um projeto de Arquitetura e foi finalizada em 1983, para uma família de quatro pessoas, formada por um casal e dois filhos. Atualmente habita na residência apenas o casal, de 60 anos.

Através de decisões projetuais, a residência foi implantada de forma paralela à diagonal do terreno com face NO, de modo que a fachada principal possui face norte. Esta decisão de projeto, bem como a inclinação do telhado e especificação de telhas cerâmicas planas, demonstra uma preocupação com a intenção de integração com o SAS. Essa decisão, porém, notavelmente, fez com que as sacadas da fachada principal, ligadas a áreas íntimas do segundo pavimento, perdessem parte da vista privilegiada para a área verde, embora não totalmente. Para não haver

perdas nesse quesito, geralmente procurado, (se não por esses moradores em particular, pelo menos como argumento de venda do imóvel), bastaria uma saliência maior nas sacadas, por exemplo, de forma a aproveitar suas laterais. Mas, deve-se considerar que o processo projetual é complexo e característico de um momento no tempo e de um conjunto de variáveis que o presente trabalho não acompanhou.

De qualquer forma, não haveria problemas em se conciliar esses quesitos e a integração com a energia solar passiva para insolação e ventilação cruzada dos ambientes. Esta facilitou que se dispensasse o condicionamento ativo de ar e a decisão em mudar das intenções do sistema a gás para as do sistema que priorizasse o aquecimento solar, aproveitando a existência da tubulação de água quente.

O projeto, portanto, favoreceu outros quesitos de toda a residência, apesar do terreno fazer parte do grupo dos lotes de menor área existente no condomínio. Segundo o casal depoente, foi requisitado ao arquiteto o projeto de uma residência prática, de fácil manutenção e integrada inicialmente ao sistema a gás e depois, ainda na fase de projeto, ao SAS\_CD, o qual fazia parte do interesse do chefe da família, devido à sua formação em Engenharia Elétrica e intenções de utilizar a tecnologia por questões de economia.

#### 4.2.2.3 Escala 1. SAS

A casa possui 3 banheiros atendidos pelo sistema, como na residência do caso 1. Porém, as características compactas desta residência do caso 2 e o projeto arquitetônico integrado favoreceram a setorização interna com racionalização hidráulica, bem como as orientações e as inclinações adequadas, favorecendo o desempenho do SAS e a boa adaptação da residência à mudança das características quantitativas da família. Devido, porém, ao terreno compacto, uma torre de água mais alta foi dispensada pelos clientes depoentes por questões estéticas. Por isso, o sistema é pressurizado, embora a altura do telhado tenha permitido a utilização do termossifão.

#### 4.2.2.4 Resultados do SAS no Caso 2

Apesar do condicionamento do projeto arquitetônico aos componentes de aquecimento de água, considerando a escala 2 da edificação, não houve trabalho propriamente conjunto dos projetistas nas duas escalas, tampouco registro do sistema através de representação gráfica independente ou integrada ao projeto arquitetônico ou executivo.

O vendedor do SAS\_CD, que também o instalou, o fez de acordo com os parâmetros que BEZERRA (2008)<sup>41</sup> considera satisfatórios para o desempenho dos sistemas de pequeno porte (até quatro placas coletoras), ou seja, dispensando o preciosismo da inclinação do telhado<sup>42</sup> e, em função do volume de água, foi instalado um sistema de 200 L (em função apenas do número de moradores) e 2 placas coletoras (em função do volume de água).

Porém, esse “dimensionamento” por parte dos agentes do aquecimento solar, assim como no caso 1, segundo o autor inclui mais uma “regra prática geral” do que a consideração ou a consciência dos diversos parâmetros. Nesta dissertação, acrescenta-se que mesmo essa “avaliação de desempenho” do autor supracitado, desconsideram os quesitos que extrapolam a escala do componente SAS, como o consumo de água, a vazão dos chuveiros etc.

Mesmo se for considerada, apenas a escala 2, sob o ponto de vista comum dos usuários finais, o consumo de água nem sempre é um problema devidamente enfatizado, como no caso 1, e sim a prioridade do conforto dos banhos mais longos com menor consumo de eletricidade. De qualquer forma, nesse caso o projeto arquitetônico possibilitou que o gasto de água adicional dos dois sistemas de acumulação utilizados, não extrapolasse os dois minutos. Porém, os banhos da família duram de 15 a 20 minutos em chuveiros de vazão 8L/min. Os depoentes

---

<sup>41</sup> Nota informal obtida de BEZERRA, A. M. **Aquecimento Solar de Água**. Disponível em: <http://mourabezerra.sites.uol.com.br/vamosconstruir.htm>. Acessado pela última vez em Outubro de 2008.

<sup>42</sup> Cf. BARROSO-KRAUSE & MEDEIROS (2005)

declararam serem muito variados os horários e mesmo as durações dos banhos. Percebe-se que, em relação à residência do caso 1, apesar da configuração hidráulica potencialmente mais favorável no caso 2, devido à maior racionalização do circuito secundário e da residência compacta, o consumo de água é declarado como sendo bem maior do que na do caso 1, devido aos hábitos de uso declarados pelo depoente.

Dentre as declarações dos depoentes estiveram também falhas no sistema complementar, atribuídas à armação de um disjuntor, cuja localização e causas não souberam detalhar: disseram apenas que foi o problema identificado pelo funcionário chamado para o conserto.

Também declararam que houve a queda de uma árvore sobre o telhado, devido a uma descarga atmosférica, o que resultou em quebras de telhas, seguidas de infiltrações na laje do pavimento superior e na estrutura de madeira do telhado, bem como a quebra do vidro de uma das placas coletoras. Houve também, segundo eles, o congelamento do fluido, que resultou na posterior decisão pela instalação da válvula preventiva correspondente.

Além disso, espontaneamente, o casal declarou que a falta de água e de eletricidade é um problema constante no condomínio e que isso os motivou a pensar inicialmente no sistema a gás e posteriormente no SAS\_CD: pelo menos assim o problema da energia elétrica seria minimizado.

#### 4.2.2.5 Considerações

A falta de água e eletricidade é um exemplo claro da interferência da Escala 4 (infraestrutura urbana) sobre escalas menos amplas, como a 1 e a 2 (equipamento e residência).

O observador atento nota também que as condições que permitem a integração entre a insolação e o conforto higrotérmico, através da vegetação que sombreia as

aberturas nos horários convenientes, podem ser opostas às que possibilitam o acesso das placas coletoras à radiação solar. O conhecimento paisagístico que envolva, além da estética, as espécies vegetais, (seu crescimento de caule e raízes, texturas, dimensões, cores e queda de folhas e galhos, além das necessidades do ambiente construído que integram, como estruturas, fiações, equipamentos, piscinas e pisos), portanto, é necessário para que tanto os requisitos de sombreamento quanto os de radiação sejam satisfeitos em níveis mínimos. A altura e proximidade das árvores que permitem o ambiente interno agradável deve ser suficiente para as janelas, sem atingir uma altura que interfira nos coletores solares. Esse foi um requisito bem atendido no caso 1, mas não no caso 2, o qual é um caso típico em que o paisagismo nas escalas 2 e 3 (residência e espaços públicos) não são integrados e não fazem parte do projeto de Arquitetura.

Segundo KULCHETSCKI et al. (2006), a arborização urbana no Brasil tem sido historicamente praticada empiricamente e raras vezes dentro de um contexto técnico-científico.

No caso das árvores que pertencem ao território que ultrapassa a Escala 2, como a vegetação do entorno da via pública, os atores da Escala 3 passam a fazer parte do processo decisório e devem fazê-lo da forma mais consciente possível em relação à sustentabilidade.<sup>43</sup>

Quanto às falhas nos equipamentos, notam-se indícios de falta de documentação e de conhecimento do sistema pelo próprio usuário e de comunicação deste com a mão de obra de manutenção para medidas profiláticas, e não apenas provisórias, quanto aos problemas encontrados.

As dificuldades de acesso de pessoas comuns ao local de instalação são também aspectos que podem ser minimizados no projeto arquitetônico: sob o ponto de vista da Arquitetura, esses locais devem ser discretos e seguros e não devem ser defasados ao livre acesso. Devem ser localizados para dificultar o acesso de

---

<sup>43</sup> Durante esta pesquisa de campo nos condomínios fechados, houve contato com as associações de moradores e com um caso correlato que resultou até mesmo em disputas judiciais em função do corte de árvores em um complexo cenário que envolvia aspectos como o direito de interferência de um elemento de uma unidade habitacional A no espaço aéreo da unidade habitacional B.

crianças e animais domésticos. Porém, paradoxalmente, soluções como, por exemplo, escadas móveis ou escadas marinheiro para alçapões e portas de acesso exclusivo aos momentos e agentes responsáveis e de manutenção<sup>44</sup> e as dimensões do local de instalação devem ser projetados, evidentemente de acordo com cada caso, para o melhor desempenho possível de equipamentos e agentes de manutenção (características métricas de antropodinâmica, antropométrica, ventilação etc.).

Porém, em geral na prática, é a instalação do equipamento que, bem ou mal, se curva às condições encontradas e o projeto arquitetônico, por diversas razões, não aproveita seu potencial para prever as condições de manutenção. Também se revelou, em praticamente todos os casos já observados (e os que deverão ser observados no decorrer do trabalho), a ausência completa dos procedimentos semestrais e anuais de manutenção dos equipamentos e de condições mínimas na configuração da residência para tal.

Além disso, a comunicação entre técnicos dos sistemas, arquitetos e usuários poderia potencializar soluções definitivas e medidas profiláticas baseadas na causa identificada dos problemas encontrados e não apenas na ação repetitiva e muitas vezes desnecessária, equivocada ou evitável sobre as suas conseqüências, como trocas freqüentes de peças.

É possível que o melhor desempenho de um equipamento deva-se também a condições relacionadas à arquitetura, como temperatura ambiente do local de instalação, posição de respiros em função da ventilação e acesso de adultos a controles elétricos e equipamentos de incêndio, por exemplo. Se no caso das residências dos casos 1 e 2, isso não foi explicitamente declarado pelos usuários e é difícil de ser cientificamente comprovado sem um estudo minucioso, controlado e prolongado de cada caso, pelo menos ficou evidente, em ambos os depoimentos, que não houve preocupação com a manutenção do sistema, nem mesmo da caixa d'água, durante mais de 15 anos de funcionamento do SAS e utilização contínua da

---

<sup>44</sup> Em outros casos a serem descritos aqui, notou-se que o acesso ao local de instalação era, ao contrário desta residência, muito facilitado devido ao aproveitamento de áreas contíguas ao telhado para uso do setor íntimo da residência.

casa. Em ambos os casos, declaradamente, as pessoas justificam a falta de manutenção por esta ser um processo incômodo e que talvez não seja necessário perder-se tempo com ela. Não foi encontrada uma casa sequer na pesquisa de campo em que a manutenção preventiva tenha sido realizada antes da manifestação de um problema efetivo no sistema, portanto não foi possível verificar cientificamente a sensibilidade do prolongamento da vida útil do equipamento aos procedimentos de manutenção.

A questão é que, muitas vezes, o problema existe e não é considerado pelos usuários, por não interferir no grupo de requisitos de qualidade ligados ao conforto, até que o defeito se manifeste sensivelmente nesse quesito. E há na sensibilidade em relação ao conforto a questão da subjetividade e da adaptação. Assim, a qualidade da água em caixas d'água sem manutenção e a eficiência energética das instalações elétricas são exemplos de mudanças no desempenho do SAS\_CD muitas vezes imperceptíveis ou desconsiderados pelo usuário final.

A consciência do usuário final, segundo a ABNT (2008), pode ser potencializada com maior conhecimento do próprio sistema através de informações registradas e comunicação fluente. Esse é um requisito com que as normas técnicas buscam contribuir através da exigência da representação gráfica dos sistemas e de requisitos mínimos para os manuais técnicos. Porém, nos diversos casos observados, não se utiliza a representação gráfica do SAS no contexto das escalas 2 e muito menos os estudos de sombreamento que incluem os desenhos de implantação da escala 3. No caso dos sistemas antigos estudados, anteriores à norma, 15.569 da ABNT, não existe nem mesmo o manual técnico do equipamento (escala 1). A própria norma possibilita algumas brechas quanto a isso.

Tabela 4.3 – Principais problemas encontrados no caso 2, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<i>Falha na armação do disjuntor (não armava sem causa aparente)</i>  <i>Ausência de componentes importantes, como a válvula anti-congelamento</i>  <i>Falta de manutenção</i>	<i>Desconsideração do conforto antropométrico para maior facilidade de manutenção do sistema</i>		
	Edificação (lote)	<i>Insuficiência de conforto antropométrico para manutenção</i>			
	Entorno	<i>Quebra de vidro após queda de árvore sobre o telhado (descarga atmosférica)</i>	<i>Quebra de telhas devido à queda de árvore.</i>  <i>Vazamentos</i>	<i>Paisagismo urbano inadequado à fiação elétrica da via pública local</i>	
	Meio Ambiente/Urbano	<i>Consumo de água devido aos hábitos de banho</i>  <i>Retirada da vegetação</i>			<i>Falhas freqüentes no abastecimento de água e energia elétrica</i>

Observa-se que, no caso 2, o entorno (escala 3) como variável e o levantamento a respeito é feito de forma bastante simplista, devido ao conhecimento restrito das escalas por agentes com conhecimento restrito ao coletor solar. Mesmo o paisagismo do próprio lote sofre muitas modificações, independentemente dos agentes do projeto de arquitetura da residência.

Apesar disso, o projeto geral da residência denota um conhecimento suficiente em qualidade, embora na questão da água, por exemplo, não haja mecanismos de reuso que compensem problemas de uso final, apesar de um projeto de Arquitetura mais favorável aos aquecedores de acumulação do que o do caso 1. Daí a importância de ferramentas de certificação energético-ambientais que, além dessas

duas dimensões, cubram a fase de uso. Isso é importante em casos como este em que um projeto de Arquitetura com níveis aceitáveis de qualidade não foi suficiente para a sustentabilidade na fase de uso final, na qual tecnologias de para reuso da água, por exemplo, seriam bem-vindas.

Sem uma visão dos agentes para a combinação da escala 1 (SAS\_CD) com a escala 4 (meio ambiental/ urbano), ou seja, para além da unidade edificada de uma única família (escala 2), problemas como a água e a vegetação ficam em segundo plano, quando o foco é o funcionamento de um componente que, em muitas cidades brasileiras, vem sendo exigido por lei.

No Capítulo 5, tratar-se-á com maior profundidade de iniciativas para o SAS\_CD combinadas com iniciativas de certificação (sustentabilidade) e da dicotomia entre sustentabilidade e qualidade, já introduzida no Capítulo 3.

### **4.2.3. Residência 3. Informações gerais**

#### **4.2.3.1 Escala 3. Entorno imediato**

A casa 3 está localizada em um lote de esquina na mesma rua da casa 2 e tem em relação a esta a mesma área e o mesmo potencial de vista da paisagem do jardim público, que fica em frente aos lotes dessa rua.

O lote, de esquina, tem uma face lateral SE, que dá para um pequeno canteiro arborizado também público; e uma face NO que dá para a via local de veículos.

#### 4.2.3.2 Escala 2. Edificação

A casa data de 1982, tendo como proprietários e moradores um casal com filho único, hoje com idade entre 30 e 45 anos. O casal tem hoje por volta de 60 anos. A casa possui 3 chuveiros abastecidos pelo SAS.

Apesar da vista privilegiada da fachada principal, o casal optou por não aceitar as sugestões do arquiteto que incluíam mais aberturas para essa direção, o que impossibilitou inclusive a ventilação cruzada para climatização natural da residência.

A preferência declarada pelos depoentes em relação ao condicionamento de ar ativo foi intensificada pelas intenções de morar em uma residência bastante privativa, com o mínimo de comunicação com o exterior e a vizinhança<sup>45</sup>. A visita à residência revela que foram feitas aberturas envidraçadas em direções de pouca insolação predominantemente para os fundos da residência e trabalhou-se com aberturas nas laterais para as direções de insolação mais favorável. Mesmo assim, o depoimento do morador demonstrou que as alterações exigidas ainda foram muitas. Isso fez com que o projeto arquitetônico, baseado na insolação e ventilação naturais, fosse abandonado e a própria família tenha feito as modificações no desenho original do arquiteto, o que visivelmente não priorizou a ventilação cruzada.

Pouco tempo depois, na década de 90, o resultado estético da casa, cuja ala frontal é térrea, foi visivelmente alterado pela construção, pelo próprio depoente, de uma torre de água, que predomina na discreta fachada principal. Porém, o quesito estético, na opinião do depoente, não era prioridade e nem poderia satisfazer o que ele desejava: uma casa fácil de manter por ser praticamente térrea e, ao mesmo tempo, ter a pressão de água desejada. O cliente não quis contratar arquiteto para essa reforma.

---

<sup>45</sup> Outro caso de construção em condomínio residencial fechada para o exterior foi encontrado no mesmo condomínio: a construção, segundo o depoimento do morador do lote vizinho, acaba de ser construída e diariamente há um grande ruído proveniente de um inesperado sistema de ar condicionado central. (Apesar de não possuírem coletores solares, muitas residências foram visitadas nessa pesquisa em busca de um perfil social e construtivo do local e para selecionar os casos).

#### 4.2.3.3 Escala 1. SAS

Junto à torre de água, foi instalado, pelo próprio morador, um SAS. Foi, segundo ele, algo bastante artesanal, em termossifão, com três placas e um boiler de 500 L, para o qual, ele diz que o espaço foi insuficiente. O depoente diz que tem formação em uma profissão técnica e que, por isso, dispensou qualquer outro profissional para o dimensionamento e preferiu também não contratar instaladores que poderiam, segundo ele, danificar as telhas. Diz que as alterações necessárias foram sendo feitas conforme os problemas que foram aparecendo; ele foi “descobrimo e anotando tudo para o caso de alguém um dia precisar entender o que foi feito e como o sistema funciona, já que foram feitas muitas mudanças e tudo acabou ficando personalizado”. Não fez nenhum tipo de desenho nem realiza manutenção e considera ambos os procedimentos desnecessários.

#### 4.2.3.4 Resultados do SAS no Caso 3

Dentre os problemas declarados estão a falta da válvula anti-congelamento com as conseqüências naturais, depois de três anos de funcionamento intermitente. Dentre os problemas que ficaram mais evidentes no depoimento estão problemas de vazamento e de pressão generalizados entre os componentes.

Além disso, os coletores não estão localizados na parte mais alta do telhado e já chegaram a ser atingidos por pedras e poeira das construções vizinhas.

Em termos de conforto, a água não atingia a temperatura desejada e havia muito ruído no sistema à noite. Sendo formado em Hidráulica, o depoente revelou que projetou um subsistema de recirculação de água para minimizar os problemas de gasto desse recurso. Porém, a bomba gera o barulho à noite em praticamente todos os dormitórios.

O depoente diz que está desenvolvendo agora aos poucos um sistema complementar a gás.

Sobre como teria sido considerada a questão do entorno e do sombreamento, o depoente relata apenas que considerou a direção “mais para norte”, ou seja, a fachada principal, e que, durante o funcionamento do sistema, percebeu que havia sombreamento das altas árvores que existiam no jardim público da lateral NE da casa. Entrou em uma negociação com o condomínio para que fossem retiradas, apesar das regras que garantem a integridade das árvores, e, segundo ele, como eram eucaliptos, conseguiu que elas fossem retiradas e novas árvores fossem plantadas a alguns metros dali, nos arredores da residência vizinha dos fundos. A visita ao local revela que essas novas árvores são de uma outra espécie, a qual visivelmente, foi escolhida segundo um critério de integração apenas estética ao paisagismo que já existia nesta casa vizinha.

#### 4.2.3.5 Considerações

Apesar do resultado da retirada das árvores ter sido, segundo o depoente, favorável na Escala 1 (SAS), a observação do local permite concluir que outros aspectos da Escala 2 (residência) são inevitavelmente influenciados: a perda da proteção vegetal da fachada lateral NE potencializa menos sombreamento nas janelas, maior defasagem da área social e íntima da casa em relação a rua lateral e mais ruído proveniente da mesma. Isso ocorre principalmente no segundo andar da casa, cujas aberturas não são protegidas pelo muro, cuja altura é limitada no condomínio.

As conseqüências naturais da retirada da vegetação originalmente existente potencializam a mudança em um importante parâmetro do projeto original dessa residência: a privacidade requisitada pelo cliente. Muito provavelmente, os ganhos térmicos e o ruído nesses ambientes do segundo pavimento voltados para NE, potencializaram uma maior motivação ao fechamento de aberturas, com utilização da iluminação artificial e condicionamento ativo de ar, dentre outras adaptações ou mudanças de hábitos possíveis.

Recentemente, em uma nova visita, observou-se que o condomínio repôs a vegetação no local original, porém, utilizou espécies de árvores de menor altura, mas que fazem parte de uma espécie vegetal que logo crescerá e assim, muito além de apenas retomarem as boas condições de proteção das aberturas, tenderão a sombrear novamente as placas coletoras.

Quanto à torre de água, apesar das preferências estéticas particulares, em muitos casos deve ser considerado o valor da casa no mercado imobiliário, além do impacto urbanístico da paisagem, que influencia escalas mais amplas do que a residência.

E quanto às normas técnicas para o SAS\_CD, apesar de ser considerado que esse sistema é anterior à NBR 15.569, o estudo de caso é importante inclusive para mostrar a importância dessa norma e da contribuição do presente trabalho em situá-la juntamente à visão escalar da Arquitetura e do Urbanismo, de forma a questionar suas limitações.

As conseqüências da falta de referência normativa para um equipamento como o SAS (escala 1) significa conseqüências diretas e/ou indiretas para outras escalas, algumas inclusive não explicitadas na norma específica. Deve haver uma “elasticidade” para a delimitação do que na prática se considera como “o SAS”. Esse sistema na verdade tem uma relação de continuidade com todas as outras escalas do ambiente construído onde se insere e como tal deve ser concebido no que diz respeito às partes que o compõem e suas características. Muitas vezes, o sistema de aquecimento solar de água exige, além do reservatório térmico, das placas coletoras e do sistema auxiliar (enfim, da forma como ele é “empacotado e vendido”), muitas “partes” condicionadas à residência e ao entorno para o mínimo desempenho com vistas ao desenvolvimento sustentável. Afinal, o objetivo não é a mera instalação da tecnologia e sim o conjunto integrado de seus efeitos. Isso significa que, além do produto, existe a indispensabilidade do seu projeto contextualizado com vistas a um conjunto mais amplo e multidisciplinar de requisitos das diversas escalas.

Tabela 4.4 – Principais problemas encontrados no caso 3, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<p>Ausência de componentes importantes, como a válvula anti-congelamento</p> <p>Falta de manutenção periódica no sistema como um todo</p> <p>Sistema muito personalizado; difícil de ser compreendido por terceiros em caso de necessidade</p>	<p>Desconsideração do conforto antropométrico para maior facilidade de manutenção do sistema</p> <p>Problemas de sombreamento da torre de água sobre a área mais alta do telhado. ( A decisão de se instalar o coletor na parte mais baixa se deu também para facilitar a manutenção das placas coletoras)</p>	<p>Problemas de sombreamento pela vegetação do jardim público</p>	
	Edificação (lote)	<p>Problemas de ruído, devido à recirculação noturna de água</p> <p>Potencial insegurança, devido à despadronização do sistema</p>	<p>Projeto feito sem todo o aproveitamento bioclimático possível, necessitando de condicionamento ativo de ar.</p> <p>Interferência estética significativa das proporções da fachada com a torre de água.</p>	<p>Jardim público com potencial sombreamento para o coletor necessário para os quesitos: conforto acústico, conforto higrotérmico, privacidade e minimização de partículas provenientes da passagem de veículos, além de tomar mais discretas as saliências do ar-condicionado na fachada.</p> <p>Problemas com vizinhos: requisitos de privacidade ao projeto arquitetônico</p>	
	Entorno	<p>Sujeira nos vidros devido a construções vizinhas e ao fato do coletor estar relativamente baixo em relação à cumeeira no telhado.</p> <p>Interferência na paisagem com a retirada da vegetação</p>	<p>Perdas nos quesitos da edificação após a retirada das árvores que sombreavam o coletor: estética, conforto acústico, conforto higrotérmico, privacidade e minimização de partículas provenientes da passagem de veículos</p>	<p>Jardim público arborizado vizinho exigido pelas regras urbanísticas do condomínio</p>	
	Meio Ambiente/Urano	<p>Tendência a retirada de vegetação, quando se foca apenas nos requisitos do SAS.</p>			<p>Falhas frequentes no abastecimento de água e energia elétrica</p>

A instalação do sistema pelo próprio morador, sem conhecimento técnico específico e a não-utilização de conhecimento suficiente em sustentabilidade e qualidade total ficou evidente, embora tenha sido uma das únicas residências que tratou a questão da recirculação de água. Essa é uma solução de intenção sustentável, porém, outras preocupações quanto à qualidade foram esquecidas. Novamente, aqui se reúnem elementos para uma explanação mais aprofundada no Capítulo 5 a respeito dessa dicotomia. A busca de soluções sustentáveis deve privar simultaneamente pela qualidade. E a qualidade deve ser prevista não apenas quanto ao julgamento subjetivo da Escala 2, mas quanto às outras escalas também: um exemplo nesse caso é a questão do impacto estético na paisagem. Essa questão é tratada em países como a França, por exemplo, no que diz respeito a diversos sistemas solares.

#### **4.2.4. Residência 4. Informações gerais**

##### **4.2.4.1 Escala 3. Entorno imediato**

A quarta residência estudada localiza-se próxima à residência do caso 3, mais precisamente do outro lado da rua, sendo seu terreno um lote de acentuado declive topográfico, na mesma rua e direcionamento solar da residência do caso 1.

É importante se saber que os terrenos em declive desta rua possuem em seu histórico o fato de já terem abrigado uma construção na década de 80 que teve de ser demolida, devido ao movimento de terra que comprometera sua estrutura<sup>46</sup>. Mesmo assim, é importante ressaltar que isso não necessariamente ocorre com todas as residências do local, mas apenas que a preocupação com o requisito estrutural e o conhecimento em mecânica dos solos e ventos em terrenos dessa natureza é fator que tende a ser prioritário no lidar com todas as decisões projetuais

---

<sup>46</sup> Mesmo a residência do caso 1 apresenta na escada lateral que dá para os fundos um reflexo dessa tendência: os degraus com o tempo foram se soltando dos espelhos da escadaria e possuem acentuada inclinação em um piso de cerâmica lisa que torna perigoso o caminhar quando essa escada externa está molhada.

das construções neles locadas. Esse contexto inclui ainda o fato de que o declive potencializa o aproveitamento de diversos ângulos de vista permanente da paisagem, o que agregam valor ao terreno e também à casa, se solo (fundações), ventos, insolação e estrutura forem bem harmonizados.

#### 4.2.4.2 Escala 2. Edificação

A casa estudada tem 11 anos de utilização por uma família de usuários cujo número varia de três a quatro pessoas. Segundo o depoente, o profissional de arquitetura foi contratado apenas para “fazer o projeto estrutural e de fundações da planta feita pela própria família”.

#### 4.2.4.3 Escala 1. SAS

Há pouco mais de um ano, com a participação apenas de um técnico instalador e sob projeto do próprio morador, que tem formação na área elétrica, foi instalado um SAS para o aquecimento de água de três banheiros. Os banheiros utilizados por cada morador, bem como os horários e tempo de banho de cada um são muito variáveis. O depoente diz que cada morador fica de 15 a 20 minutos no banho.

Sem estudos mais aprofundados ou desenhos, optou-se por um sistema com 5 placas coletoras e um boiler de 500 L (“uma placa para cada 100L”), aproveitando a água do telhado com a inclinação de telhado e que já existia no local. O raciocínio foi tentar compensar através da metragem da significativa área coletora e da reserva de água eventuais problemas para o conforto causados pelo sombreamento ou desvios angulares de inclinação ou orientação. Utilizou-se, segundo o depoente, um sistema de termossifão.

#### 4.2.4.4 Resultados do SAS no Caso 4

Preocupado com o desperdício de energia elétrica que poderia ser potencializado para aquecer tanta água já no reservatório, o morador defendeu a solução do aquecimento apenas nos pontos de consumo. Através de monitores de temperatura colocados no corredor, que faz a comunicação entre os dormitórios, cada usuário, segundo ele, pode saber a temperatura da água que está no reservatório no momento do banho e controlar manualmente um dimer feito por ele mesmo em cada chuveiro elétrico. A intenção foi manter o disjuntor da resistência elétrica do boiler desligado sempre que necessário com menor desperdício de eletricidade e potencializando também menor desperdício de água, esquentando por eletricidade aquela água fria que fica parada na tubulação até que chegue a água quente do reservatório no ponto de consumo.

Porém, segundo o depoente, esse desperdício ocorre com os usuários que optam por deixar a água fria correr antes de entrar no banho, por não adaptação a essa forma de regulação através do dimer. É importante lembrar que todo o sistema é bastante recente, mas de qualquer forma, segundo o morador, uma das pessoas da casa não gosta do sistema de regulação durante o banho.

Outra aspecto interessante do depoimento foi a referência do morador às mesmas árvores altas do jardim público do caso 3, cuja retirada, lhe permitiu notar significativo aumento no aquecimento de água pelo SAS.

#### 4.2.4.5 Considerações

O caso 4, devido ao pouco tempo de instalação, merece maior acompanhamento, no decorrer do tempo, em relação às questões estruturais, devido ao fato do sistema ter ultrapassado a categoria do SAS de pequeno porte<sup>47</sup> e não ter sido explicitada no

---

<sup>47</sup> Até quatro placas coletoras, segundo BEZERRA (2008). Nota informal obtida de BEZERRA, A. M. **Aquecimento Solar de Água**. Disponível em:

depoimento a verificação estrutural por profissionais da área por ocasião do projeto e instalação do SAS.

Também devem ser melhor acompanhadas as questões relacionadas à segurança das instalações elétricas manuseadas pelo usuário final em ambiente úmido, tais como o dimer manual (Figura 4.1):



Figura 4.1 – Detalhe da solução encontrada pelo morador para aquecimento de água por energia elétrica apenas no ponto de consumo. Foto da autora com autorização do morador. (2008)

Além disso, a insatisfação de um dos usuários com a necessidade de manuseio do dimer permite supor a necessidade de se verificar a qualidade de outros quesitos, tais como o conforto higrotérmico, antropométrico e antropodinâmico para alcançar o dimer na altura do chuveiro, além de tempo dispendido, adaptação e segurança durante essas ações freqüentes, que podem estar ligadas aos costumes, preferências, disponibilidade de tempo, facilidade, disposição, idade e estatura de cada pessoa, além do desempenho satisfatório ou não do próprio sistema de aquecimento solar quanto à temperatura da água. E, assim como no caso 2, o tempo de banho não é controlado, dando prioridade ao conforto e livre escolha de cada pessoa da família.

O caso 4 traz um exemplo da preferência pelo investimento no superdimensionamento do sistema, em lugar do planejamento e conhecimento prévio de variáveis. Por um lado, a decisão parece ter tornado o sistema menos vulnerável, como o caso 2, a alterações nas escalas que estão fora da jurisdição direta do proprietário, como a vegetação do jardim público da escala 3. O sistema

funcionava, segundo o depoente, de maneira satisfatória, sob o ponto de vista da família, mesmo antes da remoção dos elementos de sombreamento, no caso, as árvores do jardim público.

Porém, o superdimensionamento traz à tona importantes aspectos como o ciclo de vida dos materiais e equipamentos e a energia necessária para a fabricação daqueles que estão superdimensionados e não precisariam ter sido utilizados. Segundo VENSKE (2002):

“Deve-se analisar o ciclo de vida dos equipamentos que utilizam energias renováveis para se determinar a viabilidade, tanto ambiental quanto econômica, destes equipamentos. Pode ocorrer que para a fabricação de um coletor solar, por exemplo, seja consumida uma grande quantidade de recursos não renováveis e seja gerada uma grande quantidade de resíduo perigoso”.

No caso dessa residência implantada em terreno de contexto de solo crítico, esse aspecto também é importante no que diz respeito a um possível superdimensionamento da estrutura da escala 2. Mesmo que se constate no decorrer da utilização que, ao contrário, a estrutura da casa estaria, na verdade, subdimensionada para esse sistema de aquecimento solar de grande porte, o custo de possíveis danos, custos de problemas de segurança etc., também fazem parte da cadeia energética e devem ser considerados, bem como problemas de saúde que sejam gerados pela umidade potencializada por vazamentos decorrentes de uma eventual não-adequação estrutural.

É claro que há nitidamente nesse caso, e em muitos outros aqui já estudados ou a serem estudados, uma decisão projetual de precaução contra um tipo de entorno urbano que ainda está longe de satisfazer uma harmonia entre as construções a natureza em um paisagismo que supere a simples ornamentação e envolva conhecimentos estéticos, botânicos, ambientais etc.

Tudo isso está às vezes dentro e às vezes fora da jurisdição dos agentes residenciais, mesmo em condomínios fechados conhecidos por seu urbanismo planejado.

Freqüentemente, focado no sistema de aquecimento solar, o proprietário de uma residência vê como positivos certos tipos de intervenção na vegetação urbana sem conhecimento multidisciplinar, cujos efeitos indiretos no clima, os quais incluem a própria fonte e recurso solar, são assim, erroneamente, desconsiderados em função da solução de um problema imediato e isolado da visão sistêmica.

Tabela 4.5 – Principais problemas encontrados no caso 4, com base nos principais requisitos de qualidade de cada escala:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<p><i>Ausência de componentes importantes, como a válvula anti-congelamento</i></p> <p><i>Falta de manutenção periódica no sistema como um todo</i></p> <p><i>Sistema que ultrapassa a categoria de sistemas de pequeno porte</i></p>	<p><i>Falta de integração projetual de um sistema de significativo porte em terreno com potencial erosivo.</i></p>		
	Edificação (lote)	<p><i>Problemas de conforto antropométrico, higrotérmico, antropodinâmico e potenciais problemas de segurança para utilização do dimer elétrico nos pontos de consumo</i></p> <p><i>Potenciais problemas estruturais</i></p>	<p><i>Terreno com potenciais problemas erosivos</i></p>		
	Entorno		<p><i>Perdas nos quesitos da edificação após a retirada das árvores que sombreavam o coletor: estética conforto acústico, conforto higrotérmico, privacidade e minimização de partículas provenientes da passagem de veículos</i></p>	<p><i>Lote sujeito a ventos</i></p>	
	Meio Ambiente/Urbano	<p><i>Tendência a despreocupação com o consumo de água</i></p>			<p><i>Falhas freqüentes no abastecimento de água e energia elétrica</i></p>

O conhecimento dos agentes arquitetônicos foi aproveitado apenas para a estrutura e as fundações e o projeto do sistema teve pouca integração: de forma independente, foi instalado o SAS\_CD. Há deficiências em uma visão mais abrangente tanto da qualidade quanto da sustentabilidade, sendo que, nesse caso também é possível perceber que esses dois conceitos possuem mútuas implicações.

#### **4.2.5 Residência 5. Informações gerais**

##### **4.2.5.1 Escala 3. Entorno imediato**

O sexto lote estudado é um lote de esquina de aproximadamente 300 metros quadrados, cujas faces N e L dão respectivamente para um canteiro público de vegetação baixa, sem grandes árvores; e para a entrada principal da garagem da residência. As faces O e S do terreno são a divisa com as residências vizinhas.

##### **4.2.5.2 Escala 2. Edificação**

A residência foi construída em 1980 para um casal de idosos e mais um casal com um filho único. Posteriormente foi utilizada também por um neto. Possui quatro suítes. Esteve habitada pela família, embora com variações no número de habitantes durante 28 anos. Neste ano, a casa está aguardando o fechamento de um contrato de aluguel.

O arquiteto sugeriu uma torre de água e a família concordou, com a condição de não comprometer esteticamente a fachada, caso contrário, a sugestão seria abandonada.

O depoente diz que ficou satisfeito com a integração. Apesar de ter sido requisitado ao arquiteto um estilo baseado em formas arquitetônicas características de outros

climas e épocas, a visita à residência revela que foi feita, na medida do possível, uma releitura do estilo requisitado pelo cliente, para permitir uma adaptação às características do contexto específico do local.

#### 4.2.5.3 Escala 1. SAS

Desde a fase do projeto arquitetônico, foram pensadas as condições de orientação para um futuro SAS em termossifão, na fachada mais espaçosa (N). O ângulo de inclinação foi feito de acordo com a estética da casa, sem muita preocupação com detalhes técnicos além da inclinação recomendada aos tipos de telhas e a existência de uma tubulação de água quente, devido à forte exigência do cliente quanto à estética. O sistema foi construído em 1990, em termossifão.

Nota-se que o projeto de Arquitetura potencializou a insolação para iluminação e a vista da paisagem, sem recorrer muito à arborização cerrada que escondesse a fachada e sim utilizando estratégias como sacadas no pavimento superior, cujas saliências funcionam como proteção para as janelas do pavimento inferior.

Segundo o depoente, a racionalização das paredes molhadas, para que o caminho percorrido pela água na tubulação não fosse muito extenso, foi feita sem nenhuma preocupação específica com as características de sistemas de aquecimento solar, assim como o caimento do telhado. As condições acabaram favoráveis, devido a um esforço anterior de integração do estilo exigido ao contexto do terreno e seu potencial de ser aproveitado em função da iluminação, ventilação, estrutura, estética e conforto higrotérmico, ou seja, à natureza local e a energia solar de uma forma mais ampla. Dessa forma, as combinações de variáveis desse caso, acabaram por favorecer bastante a instalação futura do equipamento, assim como no caso 2.

#### 4.2.5.4 Resultados do SAS no Caso 5

O depoente declara que o tempo de aquecimento da água é de aproximadamente dois minutos e que não foi sugerido nenhum tipo de anel de circulação ou revestimento na tubulação. Os banhos são irregulares e demorados; a opção pelo coletor solar incluiu o interesse pela possibilidade de banhos mais econômicos com igual tempo de duração.

O depoente declarou dois problemas que ocorreram depois de 18 anos de uso contínuo do SAS, sem nenhum tipo de manutenção ou vistoria: o vazamento do reservatório térmico, que foi trocado imediatamente por outro. Antes disso, apenas havia ocorrido a substituição de uma das placas coletoras, danificada devido a uma descarga atmosférica.

O morador diz que esteve sempre muito satisfeito com o sistema, devido à redução na conta de energia elétrica e interessa-se hoje por formas de utilização do aquecimento solar térmico no condomínio vertical onde reside atualmente com a esposa.

#### 4.2.5.5 Considerações

Algumas ações em caso de falhas dos sistemas são voltadas às conseqüências, sem uma tentativa de identificação das causas do problema, em função de medidas profiláticas futuras.

Além dessa residência, foi encontrada uma segunda no mesmo condomínio de características muito semelhantes quanto à cota do beiral do telhado e locação do coletor, (além de igual ausência de arborização na fachada em que se localizam) com danos nas placas coletoras também causados por descargas atmosféricas.

A literatura a respeito traz evidências sobre estudos ainda muito incipientes sobre a probabilidade de quedas de raios e as condições mais propícias para que isso ocorra em determinado local, porém, o pesquisador MS. Milton Shiguihara do IEE-USP foi entrevistado e coloca que a altura do coletor e a ausência de vegetação alta das proximidades são condições propícias para que um coletor solar seja um possível alvo da descarga atmosférica.

Para essa pesquisa, que procura a importância de questões de integração e planejamento, é relevante notar como determinadas combinações de variáveis podem representar paradoxalmente condições favoráveis e, ao mesmo tempo, desfavoráveis para diferentes requisitos de desempenho até mesmo de um único sistema, no caso o SAS: a probabilidade de ausência completa de sombreamento desfavorável sobre as placas coletoras pode tirar algum partido da ausência de vegetação próxima, porém, além de outros efeitos da falta de vegetação exemplificados nos casos anteriores, essa mesma condição pode ser indiciada como um fator a ser pensado com maior cuidado em função das descargas atmosféricas, além de algumas consequências negativas na escala 2 sobre os ambientes servidos pelo SAS e em escalas mais amplas do ambiente construído que venham a ter efeitos indiretos sobre o clima e o recurso solar em regiões desmatadas.

Tabela 4.6 – Problemas no Caso 5:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<i>Falta de manutenção periódica no sistema como um todo</i>  <i>Inutilização de um coletor</i>  <i>Falha no reservatório térmico</i>	<i>Processo decisório entre Estética e a Torre de Água privilegiaria a Estética em caso de impossibilidade harmonização.</i>		
	Edificação (lote)				
	Entorno	<i>Descarga atmosférica</i>		<i>Pouca vegetação; local alto</i>	
	Meio Ambiente/Urbano	<i>Consumo de água</i>			<i>Falhas freqüentes no abastecimento de água e energia elétrica</i>

Há indícios de um mínimo conhecimento integrado de construção civil, qualidade total e do sistema solar, porém, a questão bioclimática, ou seja, a sustentabilidade como um todo, não foi o foco do projeto, devido ao requisito do cliente por elementos formais da arquitetura, com base em repertório de outras culturas e outros climas e épocas. Foi notado neste caso, assim como em outros que serão tratados, a importância do quesito “estética e identidade do usuário com o ambiente” para o processo decisório de projeto não apenas das escalas habitáveis, mas também de seus componentes.

#### 4.2.6 As residências que não possuíam o SAS

Durante a pesquisa, foram contatados muitas moradores que não possuíam o SAS-CD e a seguir serão colocados alguns aspectos sobre alguns desses casos, que serão úteis para a explanação posterior.

#### 4.2.6.1 Caso 6

Uma das moradoras entrevistadas conta que teve apenas por alguns meses o aquecimento solar e optou com o marido por retirá-lo e trocá-lo por um sistema a gás. A depoente não soube dar mais detalhes a respeito do equipamento, mas disse que havia um grande número de placas coletoras no telhado e que o vendedor havia proposto uma taxa de cobertura de 100%, ou seja, para ser “auto-suficiente”. Evidentemente, a água não esquentava suficientemente sem um sistema auxiliar. O resultado foi o abandono da tecnologia pela família e resistência a novas tentativas.

#### 4.2.6.2 Caso 7

Em uma das residências pesquisadas, a família depoente declarou que desistiram da instalação do SAS, quando notaram que a fachada mais discreta (S), que dava para o muro de divisa do condomínio, não poderia ser utilizada para locação das placas coletoras e que a direção mais eficiente seria a fachada frontal da residência (N). Assim, preferiram utilizar um sistema de aquecimento de água a gás, em lugar de alterar a aparência do telhado na fachada principal. (Figura 4.2):

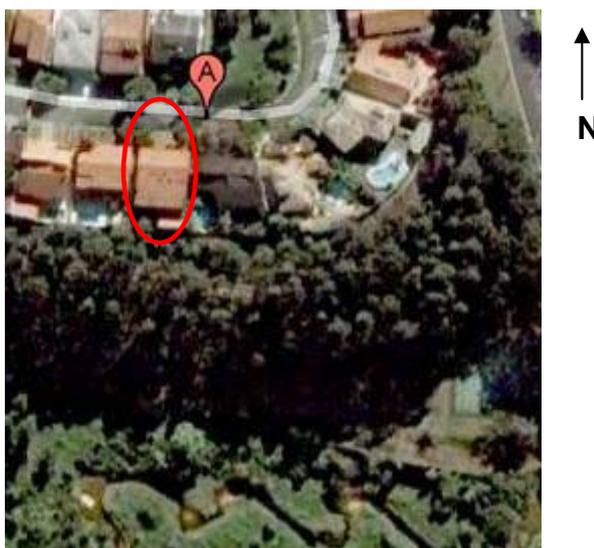


Figura 4.2 – Localização do Lote 7 em relação ao norte geográfico. Adaptado do *Google Maps*.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Essa reprodução considerou o conceito de “*fair use*”, que consta das orientações a respeito dos direitos de reprodução do *Google Maps* e do *Google Earth*, Disponível em: <http://www.google.com/permissions/geoguidelines.html#fairuse>. Acessado em janeiro de 2009.

Junto a estas duas residências dos casos 6 e 7 (sem SAS), e às outras cinco residências dos casos 1 a 5 (com SAS) estudadas neste tópico, outras treze sem o SAS\_CD tiveram seus proprietários contatados, totalizando 20 casas estudadas na em um dos condomínios (Tabela 4.7):

Tabela 4.7 - As motivações declaradas pelos depoentes para opção ou não pelo SAS-CD

	Residências com SAS		Residências sem SAS	
	<b>Motivações e desmotivações citadas pelos proprietários das residências para a decisão quanto ao uso ou não do sistema e número de ocorrências de cada citação.</b>	Redução de gastos com Energia Elétrica	5	Custos financeiros iniciais
			Custos financeiros iniciais de casa construída para venda/ aluguel	3
			Interesse de instalação pela economia de energia elétrica ainda não colocado em prática	3
			Preferências estéticas que excluem o SAS_CD	2
			Estrutura condenada	1
			Desinteresse pela tecnologia	1
			Desconhecimento da tecnologia	1
			Desistência/ Desinstalação do sistema devido a problemas encontrados na utilização	1
			Necessidade de utilizar sistemas auxiliares de aquecimento	1

A motivação principal remete ao Gráfico 2.2 e indícios da relação da tecnologia estudada com as intenções de redução dos gastos com a conta de energia elétrica residencial, sobrepondo-se tal interesse à simples conscientização ambiental,

conforme já estudado por VARELLA (2004) em contextos de condomínios fechados residenciais de uma região metropolitana vizinha à RMSP aqui estudada<sup>49</sup>.

Notam-se indícios de que persiste a desmotivação do custo inicial da tecnologia tanto entre proprietários-residentes, quanto entre proprietários não-residentes.

Logo em seguida, há considerações importantes a fazer a respeito do quesito Estética em diversas escalas. Essas considerações serão feitas a partir de uma imagem representativa encontrada em um dos condomínios horizontais fechados, distantes poucos quilômetros (Figura 4.3):



Figura 4.3 – Pôr-do-Sol em Novembro 2008 sob o ângulo de vista de uma via pública que passa do lado de fora de um dos condomínios horizontais fechados da RMSP. Foto da autora (2008)

Essa foto foi tirada em Novembro de 2008 ao pôr do sol (O). Na foto foram também destacadas as placas coletoras visíveis em dois telhados de residências vizinhas,

<sup>49</sup> Uma estimativa dos reflexos à demanda de eletricidade causada pela adoção de coletores solares em condomínios residenciais horizontais de alto padrão é apresentada em MENDONÇA, FADIGAS & FUJII (2008).

ambos com as águas voltadas a direções não-ideais à locação recomendada aos coletores. Em uma delas o sistema procura a direção N, mais favorável, a partir de uma estrutura metálica postiça ao telhado e outra procura uma integração estética maior, a partir do investimento em um número maior de placas para uma direção não tão privilegiada em insolação e ventos, embora possível de ser viabilizada: o SE. Percebe-se que a água do telhado poderia ser aproveitada também na direção NO, com maior controle do sombreamento dentro de uma mesma escala (2), porém isso exigiria a utilização da fachada principal<sup>50</sup>.

Além das direções menos privilegiadas, nota-se na imagem uma árvore recém-cortada. Todos os condomínios da região possuem muros de divisa brusca, ou seja, sem transição paisagística ou funcional com o espaço extra-muros, que é vizinho aos fundos das residências. Por razões de estética e de privacidade, esses muros costumavam estar ocultos atrás de vegetação alta e densa.

Em todo o entorno dos condomínios, porém, é possível notar um interesse em se localizar as placas coletoras do SAS em local o mais discreto possível, ou seja, há grande tendência de opção por essas fachadas de fundo sombreadas pela vegetação, mesmo quando sua orientação solar não é a mais favorável. Isso ocorre apesar das condições de sombreamento mais difíceis de serem adaptadas, devido à inclusão da escala 3, entorno cujas decisões projetuais estão fora da propriedade da escala 2 e mesmo quando a vegetação alta e densa é importante para outros quesitos como privacidade e pequenos efeitos psicológicos contra o desconforto de diversas formas de poluição (sonora, visual, do ar etc.). Nota-se também que o espaço extra-muros não é considerado em termos de paisagem e que a utilização da vegetação e muros como fronteira visual, sonora e de segurança cria condições ruins quando se tenta tirar partido dessa discricção para a locação do sistema sem integração estética, muito comum nos sistemas pós-colocados. Por outro lado, a falta de identificação da linguagem estética com as energias renováveis faz com que essa característica exista mesmo em sistemas adotados em fases da edificação com maior tendência ao potencial de integração, conforme será constatado no decorrer dos estudos de caso.

---

<sup>50</sup> O presente trabalho não acompanhou o processo projetual dos sistemas da figura 4.3, cujas decisões podem ter sido justificadas por motivos alheios ao conhecimento da presente pesquisa.

A seguir, outros casos de aplicação do SAS residencial possibilitarão um retrato do que foi feito não após anos de uso e com base em depoimentos, mas durante os processos de negociação/ projeto/ instalação/ teste para inserção do SAS-CD em residências em outros condomínios da RMSP e com base na observação dos agentes envolvidos, após cerca de oito meses da entrada em vigor da NBR 15.569, que normatiza os sistemas de aquecimento solar em circuito direto.

#### **4.3 OS ESTUDOS DE CASO POSTERIORES À NBR 15.569:08**

Em contextos recentes de não obrigatoriedade, segundo entrevistas com duas empresas do setor solar, a maior parte da procura espontânea ou aceitação do coletor solar, por parte dos proprietários de residências de alto padrão, ocorre na fase de construção com projeto arquitetônico já finalizado e com as instalações hidráulicas já instaladas. A tendência tem sido uma procura na fase de construção da cobertura. Tem sido significativa também a procura por parte dos moradores de residências prontas.

Nessas fases, a presença do arquiteto como projetista é improvável e tanto os arquitetos quanto a mão-de-obra em que confiam podem não possuir suficiente motivação e treinamento para a mudança de paradigma para incorporar o coletor solar e outros elementos de sustentabilidade ou mesmo a qualidade total nos edifícios. A simples possibilidade de realizar melhores soluções arquitetônicas com as tecnologias tradicionais é difícil, diante do poder financeiro de clientes que impõem suas escolhas e alterações durante o processo, ou mesmo por este nem sempre ser totalmente acompanhado pelos profissionais habilitados ou mais adequados.

Um exemplo recolhido em nota informal de uma empresa instaladora foi o lidar com a tubulação de CPVC. Esse material ainda encontra resistência na mão-de-obra, segundo declaração da empresa. Uma arquiteta entrevistada em uma das obras visitadas conta que a mão-de-obra é um problema significativo para o CPVC, principalmente em boicotes das instruções do arquiteto ou do engenheiro, em função

de uma cultura mais repetitiva de práticas obsoletas, muitas vezes com a conivência do próprio cliente que chega até mesmo a manipular as peças e equipamentos em obra, sem o conhecimento dos responsáveis.

A seguir, foram selecionados alguns aspectos de casos estudados com a contribuição de uma empresa instaladora que permitiu o acompanhamento de seu trabalho de visita a potenciais clientes:

#### **4.3.1 Caso 8**

Nessa residência havia pouco espaço na casa de máquinas para o SAS\_CD e sua instalação em conjunto com o gás natural não poderia aproveitar a ventilação natural e cruzada no local para segurança contra eventuais vazamentos. Além disso, diversos equipamentos, tais como caldeira mural para aquecimento de piso e outras funções, compartilhariam a casa de máquinas com o sistema. Adicionalmente, o cliente havia requisitado o sistema de maneira que não faltasse água para banhos longos de vazão muito confortável, de 10L/min, e que tudo fosse dimensionado para também aquecer a piscina externa. A empresa, portanto orçou um reservatório de porte maior do que quatro placas coletoras, exigindo ainda mais espaço para sua locação.

Porém, o partido arquitetônico da casa, com estética ortogonal<sup>51</sup>, com lajes planas, sem telhados inclinados, exigiria uma solução como uma platibanda sobre a casa de máquinas, para tornar o sistema não-visível na fachada da casa, além de suportes metálicos sobre a laje. Ao mesmo tempo, proporcionalmente a casa de máquinas deveria ficar discreta e obedecer o limite de altura do código de obras e não significar perda de espaço ou sombreamento desfavorável para o terraço de lazer que a rodeava. Nessa situação, a circulação por termossifão mostrava-se completamente inviável.

---

<sup>51</sup> Até mesmo a piscina seguia essa estética ortogonal sem muita preocupação aparente com quinas de 90 graus viradas para a parte interna, indicando uma priorização de quesitos como estética em detrimento de algumas escolhas mais aconselháveis de segurança.

Um agravante é que esse terraço possuía uma lareira social para uso noturno, sendo que a proximidade do sistema complementar a gás de objetos com fogo seria provável, além do uso do ambiente para a circulação de churrasqueiras móveis. Embora de fato houvesse um espaço muito significativo de ar livre entre esses objetos e o sistema auxiliar, o SAS seria inserido posteriormente como um volume significativo para desfavorecer ainda mais a ventilação na casa de máquinas.

A única via aparente de escape em situações de vazamento de gás seria a escada cuja caixa, como é de praxe no cálculo estrutural, naturalmente tendeu a ser projetada contígua à própria casa de máquinas e a outras partes altas e resistentes das edificações, como a de locação de caixas d'água. Soluções simples como uma escada de emergência em outros pontos do terraço seriam soluções complementares possíveis.<sup>52</sup>

Diante da falta de espaço e da motivação em se instalar um sistema com menos consumo de energia elétrica, o cliente considerou a futura instalação do reservatório térmico do SAS\_CD, de 600 L, sobre o espaço interno de abertura da porta da casa de máquinas, através de um suporte metálico, que seria construído muito depois do projeto estrutural da casa. (Figura 4.4):

---

<sup>52</sup> Essa análise e sugestões foram feitas a nível de exemplo, a partir da observação de elementos da residência visitada durante sua fase de construção e tem fins exclusivamente acadêmicos. Em caso de se efetivar uma solução arquitetônica, devem ser analisados mais detalhadamente as variáveis de cada projeto/obra por parte dos responsáveis.



Figura 4.4 - Entrada da casa de máquinas de residência, com indicação do local onde foi considerada a instalação do reservatório térmico. Condomínio horizontal de alto padrão na região metropolitana de São Paulo. Foto da autora com autorização da empresa instaladora (2008)

A locação de um reservatório térmico sobre a abertura do vão da porta implicaria em riscos de segurança. Adicionalmente, o transporte do reservatório térmico até o local seria dificultado por uma única via de acesso por escorregadias escadas de porcelanato polido, já em fase de acabamento).

Observou-se que o projeto das aberturas para ventilação do gás considerara mais a disponibilidade de espaço para o entorno dessa casa de máquinas, que é um terraço superior de lazer, do que a configuração interna dos equipamentos, sendo que foi necessário que a empresa do SAS\_CD incluísse no orçamento um sensor adicional para a segurança, para ser posicionado de acordo com a densidade e fluxo provável do gás no ambiente.

Tabela 4.8 – Problemas no Caso 8:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD		<p>Priorização de quesitos estéticos e de conforto e automação para a escolha do partido arquitetônico em detrimento de quesitos de segurança ou energias renováveis</p> <p>Ausência de real participação do profissional de arquitetura no processo de incorporação do componente, mesmo em fase de acompanhamento de obra. O componente é instalado de forma postíça e desintegrada do planejamento da construção, já que a iniciativa geralmente parte de negociação entre o cliente e o instalador</p>	<p>Código de obras desfavorável para integração, devido à necessidade de aumento da altura da casa de máquinas para colocação do SAS, através de platibanda. (Considerando o porte do sistema requisitado e a área disponível para instalação, a própria platibanda pode ser um elemento de sombreamento)</p>	<p>Desconsiderado para as escolhas projetuais da unidade edificada.</p>
	Edificação (lote)	<p>Potencializam-se problemas futuros nos quesitos: segurança geral, segurança estrutural, contra incêndios e de montagem, além de estética e sombreamento das placas pela platibanda.</p>	<p>Áreas de pisos de escadaria escorregadios próximos a áreas sujeitas a águas pluviais e quinas pontiagudas na parte interna da piscina.</p>		
	Entorno				
	Meio Ambiente/Urbano	<p>Potencializa-se o aumento no consumo de água.</p>			

O conhecimento técnico aproveitado pelo cliente está distante da totalidade dos requisitos de qualidade e de sustentabilidade. O arquiteto, apesar da presença em obra, permanece alheio ao processo.

#### 4.3.2 Caso 9

Essa residência possuía um banheiro pronto onde o *box* do chuveiro tornava perigoso o controle de temperatura do banho (Figura 4.5). Não havia controlador de

temperatura com visor, de forma que o processo de controle da água quente e fria só era possível com o usuário (ou funcionário de manutenção) sob o chuveiro. Uma banheira acoplada tornava significativamente menor esse espaço, impedindo deslocamentos e o alcance dos controles de dentro da banheira. A movimentação da porta do *Box*, erroneamente, só era possível para o sentido do lado de dentro desse espaço e esse movimento representava ter de locar a porta sobre os controles do chuveiro ou ficar sob água quente.



Figura 4.5 - Banheiro de uma das suítes de uma residência com deficiências no conforto antropométrico, higrométrico e segurança do SAS. Condomínio horizontal de alto padrão na região metropolitana de São Paulo. Foto da autora autorizada pela empresa instaladora (2008)

O conforto acústico também tem representado algumas limitações que exigem um bom projeto do SAS para que a proximidade de ambientes de longa permanência noturna não implique em ruído desagradável dos equipamentos de pressurização.

Nessa residência, o acesso para a manutenção do SAS\_CD era de fato muito facilitado, já que o sistema fôra instalado na mesma cota de um sótão utilizado como área íntima da casa. Sendo um ambiente de uso diário, uma escada rebaixável e dobrável, embutida no alçapão do teto do *hall*, tornava bastante prática a subida até esse sótão utilizado como sala de TV, brinquedos ou mesmo dormitório.

Porém, para se chegar até o SAS\_CD, na parte rústica do telhado, a partir do sótão bastava a passagem por uma simples abertura em uma parede desse local, também

em forma de alçapão. Apesar de ser esta uma solução muito interessante para a manutenção, potencializam-se problemas de setorização, com implicação em fatores graves como ruído em dormitórios e outros ambientes de longa permanência, bem como segurança e higiene.

Esse tipo de escolha projetual ocorre muitas vezes como nesse caso, em que a família é grande e o aproveitamento do espaço é uma das variáveis mais significativas nas intenções do cliente. No caso dessa residência, a ocupação máxima do terreno foi algo muito significativa para o SAS\_CD agravado pela falta de integração projetual, principalmente quando a torre de água se torna mais um fator de sombreamento em lotes de dimensões muito especulativas. Nem sempre é possível conciliar a locação da torre de água em função desse sombreamento externo com a configuração das paredes molhadas atendidas por ela e a funcionalidade dos ambientes internos da edificação.

O código de obras e edificações nos lotes de condomínios horizontais fechados que, em geral, consiste em taxa de ocupação de até 70% e coeficiente de aproveitamento de 100%, mais a consideração restritiva de recuos laterais (que variam de 1, 50 a 2,00 metros e recuos de fundo) e de frente (que, em geral, é de 5 metros, mas em, alguns casos mais especulativos chega a apenas 3,00 metros), é algo a ser pesquisado e questionado.

No caso dessa residência, a posição e a inclinação das águas do telhado eram favoráveis à instalação do sistema, inclusive em termos de conforto e segurança para a manutenção através do sótão. Escadas, alturas e portas possibilitaram ótima segurança, estética e conforto antropométrico. Porém, a locação da piscina aos fundos, frente à fachada sul da residência, bem como os recuos mínimos que foram deixados, em função da ampliação das áreas internas da casa e das áreas cobertas externas, dificultou tanto a chegada dos componentes hidráulicos aos pontos de consumo, (impossibilitando inclusive o anel de recirculação hidráulica), quanto o acesso direto à luz do sol na água da piscina.

A área do telhado era suficiente para a que os coletores solares fossem dimensionados para o aquecimento dessa água, mas a solução prévia de projeto já tinha previsto e instalado outro tipo de aquecimento para a piscina.

As preferências de cada pessoa da numerosa família também não tornaram uniforme o critério de escolha dos sistemas de aquecimento em todas as suítes da casa, onde coexistem chuveiros elétricos, sistemas individuais a gás e outros aquecidos pelo SAS\_CD. Também havia sistemas individuais de ar-condicionado nas suítes. Revela-se nesse contexto uma potencial dificuldade de relacionar com unidade o partido arquitetônico da residência com os seus componentes.

Tabela 4.9 – Problemas no Caso 9:

Principais problemas		Fase Pré- Instalação			
		SAS-CD	Edificação (lote)	Entorno	Meio Ambiente/Urbano
Fase Pós-Instalação	SAS-CD	<i>Sai água quente na torneira de água fria (problemas nas instalações elétricas e hidráulicas pré-instaladas).</i>			
	Edificação (lote)	<i>Problemas acústicos; Problemas de segurança; Problemas de higiene</i>	<i>Falta de planejamento integrado dos sistemas de aquecimento;  Falta de sistemas de ventilação natural, desconhecimento bioclimático (ventilação/insolação) em função exclusivamente do aproveitamento do espaço).</i>		
	Entorno	<i>Sombreamento do entorno pela torre de água</i>		<i>Recuos muito estreitos</i>	
	Meio Ambiente/Urbano				

Nesse caso, a negociação para instalação do sistema nesse caso envolveu exclusivamente o instalador do SAS\_CD e o cliente, demonstrando que muitas ações posteriores sobre o produto final dos projetos de Arquitetura, não são considerados de maneira sistêmica em relação à totalidade da construção, diferentemente do que ocorre, por exemplo, no caso francês a ser estudado no capítulo 5.

### 4.3.3 Considerações

Mesmo após a NBR 15.569, a falta de planejamento, e mesmo de projeto ou representação gráfica, reflete-se na maneira como as fases do processo de construção do ambiente a partir das escalas 1 e 2 são tratadas.

O acompanhamento do trabalho da empresa instaladora permitiu constatar que a iniciativa para a opção pelo coletor parte geralmente do usuário final, devido ao interesse em economizar energia elétrica. Em qualquer fase do projeto, obra ou utilização em que isso ocorra, os problemas são semelhantes: falta de integração, ausência ou não-aproveitamento suficiente de conhecimento técnico e, principalmente, desconsideração das escalas mais amplas que englobam a unidade edificada.

Nesse contexto, o arquiteto não pode agir como um potencial integrador de componentes, mas sim como se a unidade estética do projeto arquitetônico fosse apenas “mais um componente” independente das interações sistêmicas entre os componentes tecnológicos e as dimensões, econômicas, sociais e ambientais nas diversas escalas construtivas.

#### 4.3.3.1 Fase de Projeto

Diversas pessoas entrevistadas durante o trabalho declararam “chamar o arquiteto ou engenheiro civil” apenas para “passar a limpo” ou “verificar e assinar” desenhos feitos a baixo custo por estudantes ou profissionais de desenho técnico.

Por outro lado, durante a pesquisa, observou-se que houve arquitetos procurando informações sobre o SAS\_CD com anteprojeto de Arquitetura ou mesmo o projeto de Prefeitura já elaborado, pedindo apenas que ele fosse “locado” da melhor maneira possível pela empresa instaladora. Isso indica que o sistema, mesmo quando pensado juntamente com o projeto, ainda é visto como “um apêndice” do

projeto arquitetônico e não com um componente que, de fato, deve condicionar e ser condicionado pelo todo do ambiente, desde as fases de estudos preliminares, questionários e diálogos com o cliente, passando pela fase de escolha do partido arquitetônico até o planejamento e acompanhamento do canteiro de obras com a vistoria final, que foi o tipo de acompanhamento que a empresa fazia no caso 9. Mesmo que o cliente tenha tido a iniciativa de requisitar a utilização do SAS\_CD em fases adiantadas do processo, não deveria acontecer o que foi presenciado por duas vezes durante a pesquisa: o arquiteto solicitando que a empresa instaladora, sem visita ao local e sem um processo mútuo de troca de informações, “projetasse” as mudanças necessárias na residência para adaptar melhor o sistema que seria comprado pelo cliente.

Esses desenhos cedidos à empresa instaladora, ainda estavam em processo de elaboração e não constavam: informações sobre entorno, ventos, sombreamento, detalhes estruturais, número de moradores, instalações elétricas, memoriais com tipos de telhas e outros materiais ou vazão dos aparelhos hidrossanitários.

Além disso, a empresa contatada não possuía pessoas do setor da construção civil capazes de interpretar os desenhos técnicos e muito menos de tomar decisões definitivas a respeito de coberturas, suportes estruturais etc., porque isso não implica apenas no SAS\_CD, mas em fatores como inclinações corretas de telhas, resistência estrutural, estética da fachada e todas as variáveis aqui tratadas.

As empresas técnicas específicas devem sim ser contatadas para informações, orçamentos, consultorias, mas a terceirização dos projetos dos sistemas deve envolver uma integração maior de profissionais e informações em um processo continuado e planejado. Para MELHADO (2004):

“Trata-se essencialmente de reconhecer que o projeto é um processo iterativo e coletivo, exigindo assim uma coordenação do conjunto das atividades envolvidas, compreendendo momentos de análise crítica e de validação das soluções, sem no entanto impedir o trabalho especializado de cada um dos seus participantes. Essa coordenação deve considerar aspectos do contexto legal e normativo que afeta cada empreendimento, estabelecer uma visão estratégica do desenvolvimento do projeto e levar devidamente em conta as suas incertezas. Uma metáfora para explicar o papel do arquiteto como

coordenador de projeto é evocada por Melhado; Henry (2000): a do líder de uma banda de jazz, que ao mesmo tempo cria e participa da criação dos demais músicos do grupo, estimulando a sinergia de grupo dentro de um “processo criativo planejado”.

Essa opinião é corroborada por LAMBERTS (1997) (Figura 4.6):



Figura 4.6 - Arquiteto como coordenador do processo projetual. (LAMBERTS et al., 1997)

Além disso, até para efeito de minimização de custos do escritório, quando possível, os sistemas a serem utilizados devem ser escolhidos nas fases preliminares para que o partido arquitetônico seja mais compatível, antes de desenhos finais. Nessa fase sim é muito importante a consultoria técnica específica para que o responsável pelos projetos de arquitetura e engenharia civil conheçam diversas opções de sistemas a serem ou não utilizados, de maneira que, nessa fase mais flexível, as variáveis principais já possam partir de um todo harmônico acordado com o cliente e os fornecedores. MACIEL (2006) também corrobora essa afirmação de que a consultoria técnica deve ser feita desde o início e aponta a importância do partido arquitetônico para a precoce incorporação de estratégias bioclimáticas integradas<sup>53</sup>.

De acordo com BARROS (1996) apud FABRICIO, BAHIA & MELHADO (1999) são obstáculos à qualidade do ambiente construído, as seguintes deficiências projetuais:

- “trabalho não sistematizado e descoordenado das diversas equipes de projeto e participantes de um empreendimento;

<sup>53</sup> Cf. MACIEL, 2006, p.191.

- ausência de um projeto voltado à produção, com dificuldades de alterar a forma de projetar, muito voltada ao produto;
- falta de padrões e procedimentos para a contratação de projetistas;
- realização de uma compatibilização de projetos e não sua real coordenação;
- falhas no fluxo de informações internas à empresa construtora e incorporadora, prejudicando o processo de retroalimentação de projetos futuros”.

#### 4.3.3.2 Fase de Instalação

A fase após a aprovação do projeto também é crítica para o SAS\_CD. Muitos arquitetos ou engenheiros civis nem sequer são pagos para acompanhar a obra, porque “o projeto” é muito confundido com “o desenho”. Se o desenho já está pronto e aprovado, muitos clientes acham que o engenheiro civil ou o arquiteto já podem ser dispensados.

Em muitos casos, mesmo quando o profissional responsável pela construção civil faz horas-técnicas em obra, a chegada do vendedor ou instalador do SAS\_CD por decisão do cliente é um processo alheio e independente, cujo processo decisório acaba nas mãos do cliente, independentemente de checagens da estrutura ou dos equipamentos hidrossanitários<sup>54</sup>, por exemplo. Segundo CORREA & NAVEIRO (2001):

“O levantamento feito por Fruet e Formoso (1995), com 45 empresas de construção civil de pequeno porte, indicou que mais de 90% das empresas efetuam modificações de projeto durante a obra e a frequência dos problemas encontrados na elaboração de projetos foi de 53% relativas à incompatibilidade entre diferentes atividades técnicas”.

A figura 4.7 ilustra uma situação encontrada em uma das obras visitadas com a empresa instaladora. Devido à não-racionalização do canteiro de obras, procedimento que influiria no cronograma e na ordem dos procedimentos, a locação do reservatório térmico no local recomendado só seria possível com a derrubada de

---

<sup>54</sup> Os próprios equipamentos nos pontos de consumo, como chuveiros e duchas, com suas especificações técnicas de vazão, nem sempre são informações que chegam a tempo para os profissionais que necessitam delas ou cuja permanência é garantida entre as fases de projeto e construção para o correto dimensionamento do SAS\_CD em quaisquer das fases do processo.

parte de uma parede, que deveria ter sido construída apenas após a entrada do subcomponente. Situações como esta, que incluíram inclusive alterações no projeto arquitetônico durante a obra, dificultam ou até comprometem a continuidade da montagem do SAS\_CD e são potenciais causadores de condições inadequadas de armazenagem e conservação dos subcomponentes do sistema, além de custos e desperdício de materiais na obra.



Figura 4.7 – Acompanhamento da verificação da parede a ser derrubada e depois refeita para locação do reservatório térmico do SAS-CD. (2008)

#### 4.3.3.3 Fase de Manutenção

Além dos problemas já tratados a respeito da falta de manutenção durante o uso<sup>55</sup>, em reformas ou construções novas, há questões ligadas à dinâmica em locais com grande presença de novas construções. A segurança do vidro nos SAS já instalados é algo, portanto, a ser considerado, diante da grande quantidade de sujeira e potencial destruição por queda de materiais. Muitas das obras visitadas possuem deficiências de qualidade no que diz respeito a esses aspectos da gestão de canteiro em relação à segurança das edificações vizinhas ou mesmo da própria edificação. A Figura 4.8 retrata a convivência entre residências habitadas e residências em construção e foi tirada do ângulo de visão de uma obra que não

---

<sup>55</sup> Nem mesmo a manutenção semestral de caixas d'água era realizada em nenhuma das residências visitadas.

pôde ser identificada, porém cujos proprietários estavam visitando, levando cada qual um bebê recém-nascido ao colo, mesmo diante de condições de risco, como queda de objetos, pisos escorregadios, odor ou poeira. O tópico a seguir trata desse complexo agente que é o proprietário da residência; o cliente.



Figura 4.8 - Condomínio recente na RMSP, próximo à capital. Foto da autora (2008)

#### 4.3.3.4 O Cliente no processo

Foi constatado que, nas decisões projetuais por ocasião da intenção da instalação do SAS em residências de alto padrão, predominam questões de habitabilidade com destaque para a estética e alguns outros aspectos subjetivos do conforto e, eventualmente, se desconsideram/desconhecem questões de segurança. É dada uma importância prioritária para questões de prazos e uma importância intermediária para questões de custo. Os quesitos relacionados à sustentabilidade têm sido os mais desconhecidos/ desconsiderados por diversos agentes da construção.

Assim, a motivação exclusivamente com a economia de energia elétrica com a instalação do SAS\_CD pode ter tornado alguns quesitos menos considerados do que esta instalação nos casos observados, tais como: a segurança no uso e operação, a estanqueidade, a qualidade do ar, a utilização de estratégias bioclimáticas, o uso racional da água e os materiais ecológicos.

Adicionalmente, o preparo dos arquitetos para a utilização de diversas tecnologias e soluções sustentáveis tende a diminuir o potencial de convencimento dos clientes em pró dessa utilização, assim como o faz o poder de decisão equivocado de clientes com alto poder aquisitivo.

Em muitos casos, essa situação ou a simples ausência da contratação de profissionais habilitados nas questões de qualidade/sustentabilidade da construção tornam as questões de conforto, estética e custos mais significativas no processo decisório do que as questões de estabilidade estrutural, ventilação preventiva de incêndios para sistemas híbridos a gás ou escadas, bem como outros elementos simples para segurança e qualidade de manutenção dos sistemas, principalmente as válvulas, a cada seis meses.

Além disso, a linguagem arquitetônica de algumas residências, cuja evolução e diversidade não podem deixar de ser consideradas no bem-estar individual e social, inclusive no que diz respeito a eventuais distâncias entre o reservatório e os pontos de consumo, requer diversas adaptações quando o sistema é pós- instalado e muitas vezes as decisões de projeto no segmento de alto padrão priorizam a questão estética e acabam por resultar em desistências ou soluções de segurança questionável, ou seja, respectivamente com perdas em sustentabilidade ou qualidade. A estética e conforto no curto prazo, em detrimento do consumo racional de água e segurança estrutural e para a manutenção do sistema são as principais demandas e conceitos muito parciais sobre a questão da “qualidade”.

O benefício ambiental da solução solar ainda encontra uma motivação mais voltada à redução de custos do que à questão ambiental efetiva: o conceito de qualidade de vida do alto padrão possui nos casos observados maior identificação com a automação e a tipologia dos edifícios com tecnologia domótica do que com soluções

passivas que poderiam tirar benefícios adicionais do trinômio aquecimento/resfriamento/ iluminação.

Nesse contexto social, o aquecimento solar freqüentemente disputa espaço, na casa de máquinas, telhados e vedos, com diversos outros subsistemas da edificação, como caldeiras murais para aquecimentos de piso e até depósitos de móveis, como no caso de telhados construídos em forma de sótãos com dormitórios, ateliês e salas de televisão.

A forma arquitetônica, em eventual descompasso com os condicionantes ambientais do projeto, é condicionada pelas influências estilísticas de outras realidades culturais e climáticas e pelos desejos individuais, que ainda caminham para a aceitação da evolução sustentável da construção.

Além disso, foram significativas nos depoimentos declarações a respeito de problemas do bairro incluindo as dificuldades na vida social dentro dos condomínios e problemas viários como trânsito, acessibilidade, dependência de centros distantes, falta de água e eletricidade. Enfim, fatores que, direta ou indiretamente, demonstram as tendências do ambiente construído típico desses locais, para as questões solares e climáticas.

O Capítulo 5 aprofundará as considerações a respeito desses dois aspectos, estéticos e do meio ambiental/urbano e suas necessárias relações, que é o fundamento da integração arquitetônica e urbanística do SAS\_CD.

## **5 ANÁLISES DE QUESTÕES A PARTIR DOS ESTUDOS DE CASO**

### **5.1 A INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E URBANÍSTICA DA ENERGIA SOLAR E OS VALORES CONSTRUTIVOS NO TEMPO-ESPAÇO ESTUDADO**

#### **5.1.1 A Arquitetura**

São muitos os conceitos já enunciados de Arquitetura, cujos papéis fazem parte de um contexto histórico e, portanto, dinâmico e evolutivo. Apesar disso, para diversos autores da Arquitetura brasileira, ainda é muito aceito e reconhecido o enunciado de COSTA (1940):

"Arquitetura é antes de mais nada construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto desde a germinação do projeto até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada."

Adicionalmente, relacionando o conhecimento de planejadores como KAPLAN & NORTON (1997) para o assunto aqui tratado, cabe refletir que as "intenções" [no caso, de construção] referidas por COSTA (1940) precisam hoje ter também uma "missão" [no caso, a sustentabilidade]. O estabelecimento desses norteadores condicionarão as "estratégias" [no caso, construtivas]. A interface entre "estratégias" e os "resultados" consistem nos "processos", para os quais são necessários "recursos [conceito muito ligado à energia]".

O estudo dos “resultados” deve retro-alimentar os “processos” e, se necessário, “as estratégias”, assim como o tempo histórico traz a necessidade de mudanças nos “valores” que norteiam as “intenções” e “missões” da construção do ambiente em diversas escalas.

Assim, a Arquitetura deve encontrar uma unidade estética que harmonize as funções e preconizações através do planejamento.

Porém, pôde ser constatado nos capítulos anteriores que, no atual momento histórico para a integração do SAS\_CD, as escolhas do cliente e ação dos instaladores predominam sobre diversos requisitos importantes para que a unidade estética exista de fato e adicionalmente possa representar valores sociais e ambientais da construção do espaço habitado, de forma planejada e também contextualizada, levando-se em conta o enunciado de COSTA (1940) a respeito do “condicionamento ao meio” e “preconização da técnica”.

Mesmo que envolvam falta de manutenção, erros projetuais ou a instalação sem condições de segurança – e ainda que estejam presentes técnicos dos mais diversos setores – visões leigas e pouco sustentáveis a respeito da Estética e da Qualidade de Vida estão longe de harmonizar de maneira suficiente requisitos menos subjetivos de qualidade total e inserção no edifício em uma paisagem bioclimática.

Para MAHFUZ (2001), isso se deve a alguns fatores conjunturais da Arquitetura Brasileira após a década de 70, na qual, ao contrário do que ocorre hoje, predominavam os projetos de edificações públicas que, bem ou mal, tendem a ser mais condicionados por agentes com uma visão mais ampla do papel social, ambiental, cultural e paisagístico da Arquitetura, com impacto nas escalas mais amplas. De acordo com o autor, a prática da arquitetura atualmente aproxima-se mais do papel de “serviço prestado” e de “objeto de consumo”, ou mesmo de “expressões de um universo individual” (tanto do arquiteto quanto do cliente), do que de seu papel multidimensional nas dimensões tratadas no presente trabalho.

O mesmo ocorre com o SAS\_CD, como integrante do ambiente construído: suas finalidades dentro desse contexto de desvalorização da Arquitetura e da visão do todo harmônico, acabam restritas à mera redução dos gastos com energia elétrica, independentemente de outros efeitos ou potencialidades do componente quando inserido no todo.

Ficou nítida nos estudos de caso a desagregação da compreensão do trinômio insolação-ventilação-iluminação, no partido projetual da Arquitetura voltada para essa classe social. Esse trinômio representa a potencialidade de condicionamento do ambiente construído à fonte solar e o SAS\_CD tiraria partido de uma visão de todas as escalas do ambiente voltadas para isso. Nessa linha de raciocínio, segundo ROAF, FUENTES & THOMAS (2007), o edifício pode ser um periscópio que capta a luz, a vista, o vento ou o calor do sol. Abaixo um edifício desenvolvido em Viena, coma base nesse partido (Figura 5.1):



Figura 5.1 – Edifício Professor George Reinberg, em Viena. (ROAF, FUENTES & THOMAS, 2007)

A figura 5.1 indica uma abrangência da compreensão da energia solar que ocorreu de forma muito diferente do que foi revelado nos estudos de caso, como mostra a imagem da Figura 4.3 (Capítulo 4)<sup>56</sup>.

Na Figura 4.3, a energia solar revela-se um mero apêndice na forma de um componente pós-colocado para um ‘fim restrito, sem a interação estético-social-ambiental. Em algumas residências da região estudada, o “universo individual” supracitado<sup>57</sup> inclusive não possui um partido arquitetônico sequer condizente com a época, com o clima ou mesmo o estado da arte da tecnologia. Em muitos casos, o partido é mais derivado de repertórios formais de outras épocas, como a clássica e a neo-clássica<sup>58</sup>, que coexistem em desarmonia com as escalas dos componentes tecnológicos da atualidade (escala 1) e apesar dos impactos no contexto sócio-ambiental das escalas mais amplas, como o entorno imediato (paisagem, por exemplo) e a cidade (utilização de materiais não condizentes com o ecossistema local. Além disso, diversas tipologias arquitetônicas dessa natureza são repetidas pelas construtoras em diversos locais diferentes e sem a contextualização bioclimática (Figura 5.2):

---

<sup>56</sup> Cf. Figura 4.3 da presente Dissertação.

<sup>57</sup> MAHFUZ, op. cit., 2001

<sup>58</sup> Para a compreensão das relações entre a estética, a sociedade e o meio ambiente, bem como a origem da atual repetição de formas clássicas não contextualizadas ao meio sócio-ambiental de cada contexto, cf. ECO (2000) e GOMBRICH (1990).



Figura 5.2 – Croqui com base em fotografia tirada em um condomínio fechado da RMSP. Elaboração da autora (2008)

Conforme foi visto no referido capítulo, um motivo importante para a rejeição da tecnologia do SAS\_CD são questões estéticas. Os valores das escolhas construtivas ainda não englobam escalas amplas e dimensões ambientais e sociais sustentáveis. O Urbanismo também apresenta possibilidades correlatas de estudo sobre a repetição de formas e configurações urbanas de pouca inter-relação sustentável com o meio ambiental e social onde se inserem, conforme o próximo tópico.

### 5.1.2 O Urbanismo

Os condomínios fechados residenciais horizontais visitados em diferentes municípios da RMSP apresentam características insulares em relação diversas dimensões das escalas 4 (e 5) e conseqüentemente são ambientes construídos de forma muito semelhante, no que diz respeito às escalas 1, 2 e 3, apesar dos diferentes municípios onde se encontram. É como se os condomínios fechados

fossem um estilo a ser reproduzido a despeito de diferentes contextos ambientais, sociais, econômicos e políticos.

Sem a articulação adequada de atores em função de uma causa comum, o adensamento, a verticalização e o conseqüente polinômio *transportes-poluição-insegurança-aquecimento-segregação-especulação-imobiliária* é contexto crítico para o aproveitamento da energia solar ativa ou passiva. Este exige acesso perene ao recurso solar, diante de um contexto climático em risco e da quase impossibilidade de se trabalhar naturalmente com aberturas e vedos das edificações para o sol, sem que sejam considerados os ganhos térmicos, o ruído, os danos a equipamentos e os riscos sociais diversos dos centros urbanos.

Mesmo os condomínios fechados são rodeados por muros e socialmente homogêneos, o que implica no uso do automóvel por questões de segurança ou pela configuração viária setorizada. Para OJIMA (2007), o paradigma da segurança contribui para a disseminação de uma configuração territorial a partir de condomínios fechados, mesmo em locais onde a segurança de fato não é o problema mais crítico. Assim, ocorre que residências cujas fachadas de fundo ficam próximas dos muros dos condomínios fechados não possuem um relação (tampouco uma transição) paisagística com o espaço extra-muros, sendo separadas deste por vegetação que começa a perder espaço, tanto para dar lugar a novas vias quando para evitar sombreamentos, sujeira ou quedas sobre placas coletoras e fiação elétrica. Conforme já foi visto na Capítulo 4 <sup>59</sup>, as placas coletoras tendem a ser aí locadas, mesmo em orientações desfavoráveis para a radiação solar. O critério é a busca de uma direção que não exija a integração arquitetônica, já que o impacto na paisagem atingiria apenas o lado de fora do condomínio, indevidamente desconsiderado na integração de condomínios fechados.

Constata-se assim que o modelo da cidade sustentável compacta ainda está longe de ser o paradigma dos loteamentos fechados, por variáveis sócio-econômicas com valores questionáveis, como o isolamento de classes sociais em espaços intramuros e automóveis.

---

<sup>59</sup> Cf. Figura 4.3 da presente Dissertação.

Por isso, o polinômio supracitado indica que o Planejamento Urbano para a Energia Solar terá de considerar outras tecnologias como a fotovoltaica<sup>60</sup>, inclusive nas regiões metropolitanas onde estão os condomínios residenciais de alto padrão, sendo os mais antigos rodeados de centros de compras e negócios adensados com alto consumo de energia elétrica.

No curto e médio prazos, considerando-se as áreas de cobertura e de terreno e a demanda de aquecimento de água, normalmente presentes em condomínios horizontais de residências de alto padrão, o coletor solar vem, de fato, sendo espontaneamente utilizado. Porém, o contexto construtivo dessas regiões resulta de condicionantes dentre os quais agentes políticos integrados para a promoção de uma configuração urbana com alguns sinais de tendências desfavoráveis à sustentabilidade.

Os processos imobiliários que envolvem condomínios residenciais não necessariamente acompanham um correspondente e paralelo investimento em infraestrutura viária, controle de crescimento e suficiente preservação da vegetação nativa e multifuncionalidade adequada para os setores urbanos onde se inserem, potencializando os diversos tipos de poluição causados pelos veículos automotores. Observa-se por exemplo, o caso de Alphaville/Tamboré que vêm motivando diversas iniciativas de reabilitação e, aos poucos, uma maior valorização do pedestre nas áreas mais adensadas (Figura 5.3):

---

<sup>60</sup> Cf. MOURA & SCHMIDT (2005)

Alphaville e Tamboré.

Divisa de município  
Barueri- Santana de  
Parnaíba.



Figura 5.3 - Configuração viária principal dos condomínios da Região de Alphaville elaborada pela autora com base em LAI (2007) e BYCIBER (2007) e recentes iniciativas para reabilitação do setor verticalizado da região (foto da autora, 2009).

A Figura 5.3 ilustra a configuração viária e os espaços setorizados e fragmentados intramuros. Essa configuração criou a necessidade do deslocamento de automóveis entre setores residenciais que avançam para além dos limites do Município de Barueri em direção ao Município de Santana de Parnaíba. Recentemente, o incentivo ao pedestre nos setores de comércio e serviços vem sendo incentivado.

Da mesma maneira, a vegetação predominantemente utilizada para o paisagismo imobiliário em locais que seguiram o mesmo conceito deste bairro, não representa necessariamente características determinantes do equilíbrio do ecossistema local para a preservação ambiental.

Assim, um complexo contexto de criação de novos condomínios em que ainda predominam a dicotomia urbano-rural, a demanda por deslocamentos excessivos em automóveis individuais<sup>61</sup>, a segregação sócio-ambiental refletida no espaço físico dos condomínios fechados e a repetição de elementos arquitetônicos meramente formais, culturalmente não-identificados com o meio antrópico e natural etc. da região, deixam indícios de uma “qualidade-de-vida” apenas aparente em termos de segurança, praticidade, preservação, saúde e relações sociais.

Todos esses fatores sociais e ambientais impactam o sistema energético e conseqüentemente o sistema climático: ou seja, direta ou indiretamente impactam o desempenho dos componentes construtivos para aproveitamento da energia solar e a demanda por conforto físico e psíquico no ambiente construído que essa tecnologia específica visa satisfazer. São aspectos diretamente relacionados ao Planejamento Urbano. Na problemática da Iluminação Natural, por exemplo, estão presentes requisitos dificultadores como segurança, privacidade, conforto acústico e respiratório, dentre elas: circulação de automóveis (causada pela cultura, setorização mono-funcional etc.), segregação social e vocação para o setor de serviços e tecnologia, cujos equipamentos podem sofrer danos com a ação direta da insolação.

---

<sup>61</sup> (Seja motivada pelas necessidades da monofuncionalidade dos setores residenciais, do *status*, do hábito cultural e/ou do paradigma da segurança).

Segundo a GLOBALRES, na Região de Alphaville-SP por exemplo, o indicador da taxa de vacância dos empreendimentos de comércio e serviços da região, que, para edificações com condicionamento ativo de ar (21,4%), é menor do que a de edificações sem o condicionamento de ar (37%). (CANAL EXECUTIVO, 2004)

Esse último item ajuda a demonstrar que, apesar do diferencial urbanístico do bairro em termos de uma tipologia identificada com a “harmonia com a natureza” e a “qualidade de vida”, ainda não há mudanças significativas na tipologia arquitetônica que, longe de apresentar soluções bioclimáticas, procura uma identificação formal com soluções típicas de cidades americanas e européias de climas mais frios. É comum verem-se residências com coletores solares, porém com características arquitetônicas esteticamente incompatíveis ou que impossibilitam a iluminação ou a ventilação naturais, bem como outras estratégias bioclimáticas.

Além disso, o espaço resultante, freqüentemente segregado em relação ao meio social, cultural e ambiental da Região como um todo, encontra entraves no paradoxo da possibilidade de abertura dessas edificações para o vento e a luz naturais numa região que cada vez mais parece necessitar isolar-se em espaços privativos.

Um exemplo são soluções em locais originalmente projetadas para o trânsito exclusivo de pedestres e assim com elementos corretos em termos energéticos, nos quais, por outro lado, essa solução não se identificou com os hábitos da região e a demanda por segurança e privacidade através do uso do automóvel, também motivado por questões culturais e pelo zoneamento monofuncional. A comparação de fotografias de 1999 e 2009 de um desses locais mostra as recentes adaptações necessárias para orientar que a entrada inevitável dos automóveis em um centro comercial. Essas adaptações incluíram novos estacionamentos e tarifas (Figura 5.4):



Figura 5.4 – Na parte superior, fotografias de 1999 e 2009 de uma das entradas principais do Centro Comercial na RMSO. Na parte inferior, a nova portaria com a placa de tarifas (à esquerda) e a ocupação de um dos terrenos principais do local como estacionamento (à direita). Fotos da autora (1999 e 2009).

O automóvel individual entra em questões interligadas de uso da energia, climática e de conforto, através de variáveis como a poluição, poluição sonora, espaço para estacionamentos etc., contribuindo ainda mais para a necessidade de fechamento dos edifícios à luz do sol e à ventilação através do vedado e conseqüente manutenção de alguns paradigmas construtivos e problemas ambientais (Figura 5.5):



Figura 5.5 - 1-Poluição das águas frente a um Centro Histórico e moradias da parte periférica que circunda os condomínios. 2- Vista de moradias de condomínio fechado Tamboré, que, à distância, parece reproduzir o adensamento de moradias menos valorizadas da cidade. 3- Novos condomínios residenciais horizontais para classes A e B e trecho desmatado ao fundo. 4- Tipologia da região verticalizada próxima a condomínios horizontais. Elaboração da autora (2007)

A dinâmica da evolução urbana e as questões políticas a respeito de energias renováveis com base na integração arquitetônica e urbanística envolvem não apenas questões técnico-ambientais, mas um complexo todo de dimensões de análise política, social econômica.

Além disso, ao se tratar dos potenciais e entraves para uma alternativa técnica como os coletores solares em áreas urbanas, deve ser levado em conta além de tudo o que já foi tratado a respeito da integração arquitetônica, os fatores que irão interferir direta ou indiretamente no clima, ainda que no longo prazo. Qualquer desequilíbrio ambiental e/ou social que seja causa e conseqüência de uma configuração espacial merece ser considerado em estudos a respeito de sustentabilidade, à medida que se propõe uma visão escalar do espaço construído.

O novo paradigma de políticas públicas que envolvem o uso da água ou de qualquer recurso natural, bem como as mais recentes recomendações das cartas urbanísticas, têm em comum o fato de preconizarem uma apreensão ecossistêmica e não exclusivamente físico-política das regiões ou tendo em conta apenas os

limites de propriedade da localidade. Há necessidade de uma visão regional, ecossistêmica, a partir de bacias hidrográficas, com grande tendência a um planejamento supramunicipal<sup>62</sup>.

Assim, contextos como os dos condomínios fechados, com artificialidade de seus limites físico-políticos e de sua transição paisagística e tipológica em relação ao contexto ambiental e social dos dois municípios nos quais se insere, motivam um pensamento abrangente quanto à sustentabilidade de algumas características que, no curto prazo, podem possibilitar a utilização da energia solar (como condomínios horizontais), mas, no longo prazo, podem provocar uma desvalorização do local devida a impactos ambientais e insustentabilidade da malha urbana em termos sociais e funcionais, bem como a não-otimização técnica da tecnologia solar em uma malha urbana inadequada.

A seguir os principais impactos sócio-ambientais do crescimento que justificam o aproveitamento das energias alternativas (Figura 5.6):



Figura 5.6. Problemática Urbanística e Ambiental em condomínios fechados. (Fotos da autora, 2007)

Decorrentes do crescimento dos condomínios horizontais, os problemas que se potencializam são:

- Desmatamento<sup>63</sup>, erosão e danos na biodiversidade;

<sup>62</sup> Cf. MAKINODAN & COSTA (2004) e OJIMA (2007).

<sup>63</sup> Para BARREIROS(sem data), deve haver parcimônia na expansão territorial estimulada pelos condomínios horizontais, desde a Lei 4591/64.

- Precariedade da infraestrutura de circulação de pedestres e veículos;
- Zoneamento mono-funcional.

Por sua vez, a verticalização pode causar ou agravar os seguintes problemas:

- Diversas formas de poluição (do ar, visual, sonora etc.)
- Precariedade da Infraestrutura de saneamento básico, incluindo abastecimento de água e energia.

Portanto, assim como na Arquitetura e as formas clássicas que prevalecem, o Urbanismo também pode ter seus paradigmas de qualidade influenciados por um repertório de formas, as quais não necessariamente possuem identificação ambiental e social com contextos sustentáveis.

Em 1898, Ebenezer Howard lançou a ideologia das Cidades-Jardim (*Garden-Cities*), que a partir daí tem, direta ou indiretamente, influenciado o Urbanismo, principalmente o de “cidades-novas”.

Algumas regiões de condomínios podem ser, sob certa ótica, consideradas “cidades-novas”, já que, assim como as *Garden-Cities*, surgiram a partir de uma atitude que concebia o Planejamento Urbano como instrumento para criação de espaços sem determinados problemas que o senso comum vincula às grandes metrópoles.

Mas, atualmente, o Urbanismo vem sendo norteado por circunstâncias distintas. Na época de Howard, a necessidade de reconstrução de algumas áreas destruídas durante a guerra e o descontentamento com a cidade industrial faziam do Planejamento Urbano algo integrado a um processo preexistente à cidade, sendo esta uma unidade autosuficiente. Em Alphaville, por exemplo, isso não ocorreu e trouxe inicialmente conseqüências para a carência infra-estrutural e para a dependência funcional em relação à cidade de São Paulo e posteriormente através da recente reprodução de muitos dos problemas desta grande metrópole.

Os parâmetros de qualidade de vida estabelecidos conceitualmente pelas *Garden-Cities*, nunca deixaram de ser referência, mas particularmente nos anos 80 e 90, o paradigma ganhou intensidade com a preocupação com as conseqüências do estilo

e vida nos países capitalistas e a facilidade de divulgação possibilitada pelo processo de globalização. A conceituação sistêmica e unificada dos meios urbano, ambiental e humano passou por uma evolução desde as primeiras cidades-jardim até as últimas cartas do novo urbanismo norte-americano, de 1996. De acordo com MENDONÇA (1999):

“No momento histórico em que Howard publicava suas idéias, predominava uma filosofia análoga, a qual também contribuía para uma visão sistemática entre o Homem e a Natureza, na busca do questionamento da dicotomia entre o meio ambiente natural e o construído pelo Homem. Porém, nessa época, o campo de trabalho do economista Ebenezer Howard tinha como ideal a zona rural, com suas possibilidades de auto-suficiência e suas possibilidades de intermediação mais direta entre a Natureza e o Homem”

A concepção da cidade-jardim era sim a de uma zona urbana, portanto, de fato distinta da zona rural onde se inseria, porém, jamais dissociada desta. Já a Carta do Novo Urbanismo Norte-Americano apresenta dentre seus princípios o fim da dicotomia urbano-rural e, nos bairros, uma grande variedade de tipos de moradia e preços de maneira a facilitar a interação no dia-a-dia de pessoas de diversas idades, relações empregatícias e classes sociais, reforçando os vínculos pessoais e cívicos, ou seja, partindo de um princípio comunitário.

O modelo urbanístico que explicitamente, segundo seus criadores<sup>64</sup>, inspirou a concepção física de Alphaville foi o das *Edge-Cities* (“Cidades-de-Entorno”) norte-americanas.

As *Edges Cities*, assim como Alphaville, visam englobar todos os recursos urbanos necessários não necessariamente com foco no uso residencial, tendendo a englobar *clusters* empresariais, já que se localizam ao longo de rodovias de acesso a grandes cidades. Excetuando-se a questão residencial, de fato o conceito do bairro é bastante próximo.

Porém, a proximidade de áreas preservadas, o discurso publicitário em torno da qualidade de vida residencial em proximidade com a natureza visando um público alvo de moradores insatisfeitos com as características de habitações metropolitanas, bem como algumas tipologias arquitetônicas, paisagísticas e de seus centros comerciais projetados para pedestres evidenciam a inspiração nas *Garden-cities*, havendo inclusive elementos formais presentes da *Citté Industrielle* de Tony Garnier. Adicionalmente, sua configuração a partir de um eixo viário linear nos remete a outros exemplos de cidades planejadas lineares com foco no sistema viário.

A organização física da região com base na infra-estrutura de alternativas para o sistema de transportes, porém, deve, ainda segundo a Carta do Novo

---

<sup>64</sup> Informação obtida em material promocional da Construtora FAL2 (2003).

Urbanismo Norte-Americano, considerar os transportes motorizados coletivos e a locomoção de pedestres e bicicletas para melhorar o acesso e a mobilidade na região, com a redução da dependência do automóvel e suas conseqüências sócio-ambientais negativas. “

Em Alphaville, por exemplo, as ciclovias estão disponíveis, mas a sua utilização efetiva ainda encontra algumas dificuldades. Mesmo com o adensamento em torno de áreas próximas aos centros de comércio e serviços, estratégia que, teoricamente, potencializaria a diminuição de poluentes causados pelas distâncias percorridas pelos veículos automotores, na prática, o fez no sentido da diminuição dos percursos, mas não tanto na intensificação do hábito de andar a pé ou de bicicleta.

Isso pode ser compreendido com mais profundidade a partir da dimensão sócio-econômica da Região. A vivência do local, entrevistas preliminares com algumas famílias e questões tratadas nos trabalhos de MENDONÇA (2000) e ROMERO (1998) indicam que há interesse não apenas na funcionalidade e praticidade do automóvel, mas também no *status* que ele possibilita num cenário social que começa a perder sua homogeneidade de classes com o curso da vida econômica. Também é significativo o fato de que a privacidade e a segurança são variáveis muito consideradas na opção pelo uso do automóvel.

Observa-se nas entrevistas, que fatores como privacidade e segurança, em locais de pouca diversidade de classes sociais, podem motivar desde percursos em automóveis individuais, ainda que em condições urbanísticas polifuncionais não tão desfavoráveis para outros meios de locomoção, até uma tendência de fechamento das edificações para o sol, a luz e a ventilação. Pode ocorrer também um afastamento dos partidos arquitetônicos dos princípios da arquitetura solar e suas soluções ativas ou passivas em função de simples preferências individuais.

Outros fatores limitantes de intensa correlação com os anteriores são: a tendência tecnológica dos serviços locais com equipamentos sensíveis às intempéries; verticalização, adensamento e o próprio uso do automóvel individual com todas as suas conseqüências na questão da poluição, da privacidade e da acústica das zonas polifuncionais locais, desmotivando a abertura para o sol, o vento e a luz. Há também uma busca de uma identidade visual das fachadas com um paradigma de

sofisticação com base em valores de *marketing* visual, diferenciação e *status*, que pouco reflete uma intenção bioclimática ou uma visão coletiva do espaço na escala urbana<sup>65</sup> para o aproveitamento do recurso solar. Principalmente em condições de longo prazo ameaçadas pelo adensamento verticalizado e por recuos cada vez menores entre as edificações no processo de especulação imobiliária de novos condomínios horizontais.

Apesar das influências de correntes urbanísticas, ou por falta de uma identidade cultural local com essas influências urbanísticas ou de uma contextualização adequada, desde sua implantação até hoje, os resultados da utilização dos condomínios fechados ainda encontram questionamentos quanto ao potencial de sustentabilidade e, conseqüentemente, quanto às possibilidades de inclusão das energias renováveis de forma efetiva e permanentemente evolutiva.

Nesse contexto, Iniciativas como as leis solares também precisam levar em conta um sistema que vai muito além dos limites das jurisdições municipais e levar em conta importantes questões ambientais decorrentes para cada contexto a partir de unidades sócio-ambientais bem delineadas para o planejamento, muitas vezes diferentes das delimitações condominiais ou dos próprios municípios.

Pode-se focar nessa análise a inspiração dos planejadores na *Garden-City* de Ebenezer Howard porque esse conceito manifestou a essência dos questionamentos dos problemas urbanos pós- Revolução Industrial, bem como os princípios sócio-político-econômicos que regeram a busca suas de soluções, independentemente dos diversos resultados formais que dela decorreram no decorrer da História em diversas partes distintas do mundo. O fato de seu idealizador Ebenezer Howard não ter sido Arquiteto ou Urbanista de formação pode ter transferido a importância do resultado formal para esses princípios teóricos. Talvez exatamente por isso a notável atualidade e universalidade de alguns desses. Porém, paradoxalmente, diversos princípios foram esquecidos no processo de concepção de alguns empreendimentos principalmente através de uma inspiração

---

<sup>65</sup> Complementando com o trabalho de ROMERO (1997), vale ressaltar que os condomínios fechados provocam um esvaziamento da vida pública, onde a família é o universo de convivência e em subconjuntos de vizinhança cria-se um sentimento de competição manifestado na necessidade de diferenciação; demarcação dos núcleos familiares individuais.

que demonstra ter-se embasado mais na reprodução de soluções formais do que em uma contextualização dos princípios de Howard de acordo com o tempo, o local e as circunstâncias do empreendimento.

Foi o caso de diversos condomínios fechados, em cuja concepção se pode notar a superficialidade da influência do conceito social e ambiental de uma *Garden-City*, mesmo considerando-se circunstâncias análogas, embora não evidentemente idênticas ao momento histórico londrino vivenciado por Ebenezer Howard. O resultado pode indicar mais um repertório de elementos formais do que uma pesquisa conceitual aprofundada da estrutura e dos modelos da cidade pós-industrial.

O isolamento vivencial e a falta de senso coletivo, se considerados numa escala mais ampla, permite extrapolar da relação entre vizinhos para a relação entre bairros e até à falta de consciência quanto aos recursos energéticos do país e do mundo e à dimensão de impacto das ações e consumo energéticos individuais.

A vivência de alguns locais como este permite de fato concluir também que, tanto os condomínios nos setores verticalizados dos bairros quanto seus condomínios horizontais, apesar de suas particularidades, quando há pouca ou nenhuma satisfação do princípio da heterogeneidade social, apresentam características de segregação em relação ao espaço extramuros e de individualismo no espaço intramuros.

A segregação e o individualismo decorrem de uma visão questionável da “qualidade de vida” que acaba resumida a segurança e privacidade. O mercado imobiliário utiliza o discurso em torno desses mesmos valores.

O espaço “público” extramuros e até mesmo o intramuros, deixa de exercer efetivamente o potencial de socialização. Isso apesar das intenções urbanísticas parcialmente atendidas através de praças, jardins e centros de convivência (intramuros), mas de acordo com um espaço público segregado (extramuros).

Além disso, como visto em MENDONÇA (1999), o crescimento dos diversos setores da Região Metropolitana de São Paulo sem correspondente investimento paralelo em infraestrutura viária e de saneamento pôde ser ilustrado em algumas reportagens da época. (Figura 5.7):



Figura 5.7 - Ilustração da reportagem “De dia falta água de noite falta luz”. ALPHANEWS (1998) apud MENDONÇA (1999)

O problema ainda persiste e foi revelado durante a pesquisa de campo, nas entrevistas, e corroborado por um dos meios jornalísticos e publicitários locais. No *AlphaNews*, em uma edição mais recente de Setembro 2003, Ed. 126<sup>66</sup>, encontra-se um artigo a respeito das providências da SABESP quanto à ampliação da rede de água para os condomínios.

Diretamente relacionada à questão do coletor solar, a água é um fator importante, portanto e vinculada a uma visão ambiental sistêmica. O plano diretor do município de Santana de Parnaíba, por exemplo, cita energias renováveis. Porém, ainda não há inclusão de obrigadoriedades ou incentivos para o aproveitamento das energias renováveis como regulamentação para as futuras construções nesses locais de interesse ambiental.

Considerando o alto consumo de água característico de residências de alto padrão e a articulação de interesses econômicos e políticos locais em função desse abastecimento em alguns locais correlatos (ROMERO, 1995), bem como a hipótese

---

<sup>66</sup> Disponível em: <http://www.alphanews.com.br/materias.asp?id=79>. Acessado pela última vez em Janeiro de 2008.

(embora controversa e ainda não confirmada) de tendência ao maior consumo de energia e conseqüentemente de água com o coletor solar (VARELLA, 2004), uma regulamentação e uma política pública que abordasse o coletor solar levando em conta a necessidade da integração arquitetônica e urbanística é corroborada, bem como programas de conscientização e controle da demanda, além de metas de redução do consumo de energia nas edificações independentemente da restrição técnica ao coletor solar. Pode ser tomadas como exemplo de iniciativas internacionais recentes.

## **5.2 INICIATIVAS INTERNACIONAIS RECENTES QUE LEVAM EM CONTA A INTEGRAÇÃO ARQUITETÔNICA E/OU URBANÍSTICA DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR**

A visão conjunta do ambiente construído é mais explícita em legislações internacionais. Abaixo, serão comentadas a título de exemplo as de Barcelona (na Espanha), da Comunidade de *Pays D'Aix* (na França) e a iniciativa nacional portuguesa.

### **5.2.1 Ordenanza Solar de Barcelona (OSB)**

A *Ordenanza Solar* de Barcelona foi implantada em 2002 e revisada em 2006, como parte de um plano de desenvolvimento e eficiência energética (AGÊNCIA D'ENERGIA DE BARCELONA, 2006). Aspectos da *ordenanza* inspiraram algumas cidades brasileiras que adotaram leis de obrigatoriedade para a Energia Solar Térmica.

Porém, no Brasil, a iniciativa ficou muito restrita ao componente SAS\_CD sem uma visão abrangente das escalas do ambiente construído e sem uma contextualização mais consistente das dimensões técnicas, sociais, ambientais e políticas dos paradigmas da Arquitetura e Planejamento Urbano de cada município. O incentivo

da energia solar térmica no Brasil ainda é visto por diversos agentes como um fim em si mesmo e não como um meio de contribuir com objetivos sustentáveis contextualizados para os diversos locais onde são implantadas.

Em Barcelona, as *ordenanzas* têm um conceito mais abrangente nos seguintes aspectos principais (Traduzido de AGÈNCIA D'ENERGIA DE BARCELONA (2006)):

- Abrangência da lei não apenas sobre edificações novas, mas também sobre reformas e *retrofits*; sendo que, no caso brasileiro, a lei inclui edificações existentes apenas em caso de aquecimento de água de piscina.
- Exigência do respeito à Arquitetura e à Paisagem Urbana;
- Exigência da apresentação de projeto ambiental anexo;
- Atribuição formal de responsabilidades técnicas;
- Exigência de que os parâmetros de projeto considerem a melhor tecnologia disponível;
- Exigência da apresentação da configuração do circuito hidráulico e das características de consumo para aprovação do sistema;
- Padronização de parâmetros de projeto no enunciado da *ordenanza*;
- Dados disponíveis no *Atlas de Irradiación Solar de Catalunya* ao qual a legislação remete;
- Exigência quanto à qualidade da acessibilidade para a manutenção do sistema, incluindo os circuitos hidráulicos secundários;
- Exigência quanto à existência dos aparatos para controle de temperatura e pressão;
- Taxa de cobertura solar em 60%, salvo apresentação de laudo técnico detalhado comprovando a impossibilidade;
- Obrigatoriedade de manutenção e utilização do sistema por parte do titular;
- Medidas punitivas detalhadas (ex. multas) para infratores dos itens anteriores seja na fase de projeto, construção ou utilização;
- Intercâmbio com o setor acadêmico da construção civil para o acompanhamento do processo de aplicação da norma;
- Tratamento do assunto de forma mais abrangente no que toca à efetiva consecução das metas ambientais e energéticas durante a fase de utilização e não apenas da instalação do coletor no momento de aprovação do projeto.

O tratamento de todas as fases do processo, incluindo manutenção e utilização, bem como a flexibilidade para outras soluções de melhor desempenho energético e ambiental que venham a ser propostas, demonstra que há preocupação com as metas de sustentabilidade e diminui as chances de brechas legais para estas, quando o laudo aponta a impossibilidade da fração solar exigida. Esse conceito de aplicação da iniciativa solar demonstra que o SAS é visto como parte de um todo; contextualizado.

Aqui cabe uma observação que teve como fonte CASANOVAS (2007) a respeito das *ordenanza*: o autor coloca que o arquiteto é o agente responsável pela integração do coletor solar no todo do ambiente construído, realidade muito diferente da encontrada no Brasil.

Interessante aspecto também colocado por CASANOVAS (2007) é uma comparação entre as versões de 2002 e de 2006 da *ordenanza* solar de Barcelona no que tange ao conceito das placas coletoras nas fachadas: na primeira versão exigia-se que as placas ficassem ocultas para não alterar os estilos históricos locais do espaço urbano. Na versão de 2006, abriu-se espaço para a integração arquitetônica das placas solares nas novas edificações<sup>67</sup>.

Esse aspecto é importante para que se incorpore o componente como parte do todo orgânico da edificação. Por outro lado, em países como o Brasil, embora a questão da preservação de estilos originais seja mais produto de um processo de importação de estilos do que de descoberta ou preservação de uma cultura arquitetônica, não se justifica a completa omissão da legislação solar em relação a essas questões.

Afinal, nossos recursos naturais potencializam uma arquitetura de protagonização da energia solar no partido arquitetônico, onde tecnologias solares poderiam se integrar organicamente, sem nenhum prejuízo cultural e com muitas vantagens ambientais. Porém, o obstáculo constatado no trabalho ainda inclui duas situações extremas, mesmo em um padrão de construções onde há acesso ao arquiteto: a priorização de

---

<sup>67</sup> Como no caso vienense. Cf. Figura 5.1.

linguagem arquitetônica não condicionada às dimensões ambientais e sociais do meio (que acabam frequentemente excluindo componentes como o SAS) ou a utilização pouco criteriosa do sistema, em busca de redução do custo da energia elétrica, porém, como um apêndice de construções com pouca ou nenhuma submissão a competências técnicas ou estéticas, situação sobre a qual as leis solares até então implantadas na RMSP não apresentam nenhuma restrição.

### **5.2.2 Iniciativa para Integração Arquitetônica de Coletores Solares na Comunidade de *Pays D'Aix* (França)**

Iniciativas como a da Comunidade de *Pays D'Aix*, na França quanto à integração arquitetônica dos coletores solares para aquecimento térmico também são parte, como na Espanha, de um programa mais abrangente sobre o ambiente construído local, no caso os chamados Plano Local de Energia e Carta de Desenvolvimento. No caso dessa comunidade, a iniciativa específica é uma ajuda aos particulares para a aquisição dos SAS, que incluiu um guia para uma boa integração dos componentes na paisagem local, além de outras orientações, conforme segue:

Primeiramente, todo sistema necessita de uma permissão de construção e é submetido a conselhos de Arquitetura e departamentos de Urbanismo. Deve ser entregue projeto completo da edificação com o SAS (plantas, vistas, volume, localização, orientação etc.), para obtenção de uma permissão de construção, em caso de construções novas ou reabilitações em construções existentes; ou uma declaração de trabalho, no caso de simples requalificação na fachada ou no telhado. (Figura 5.8):

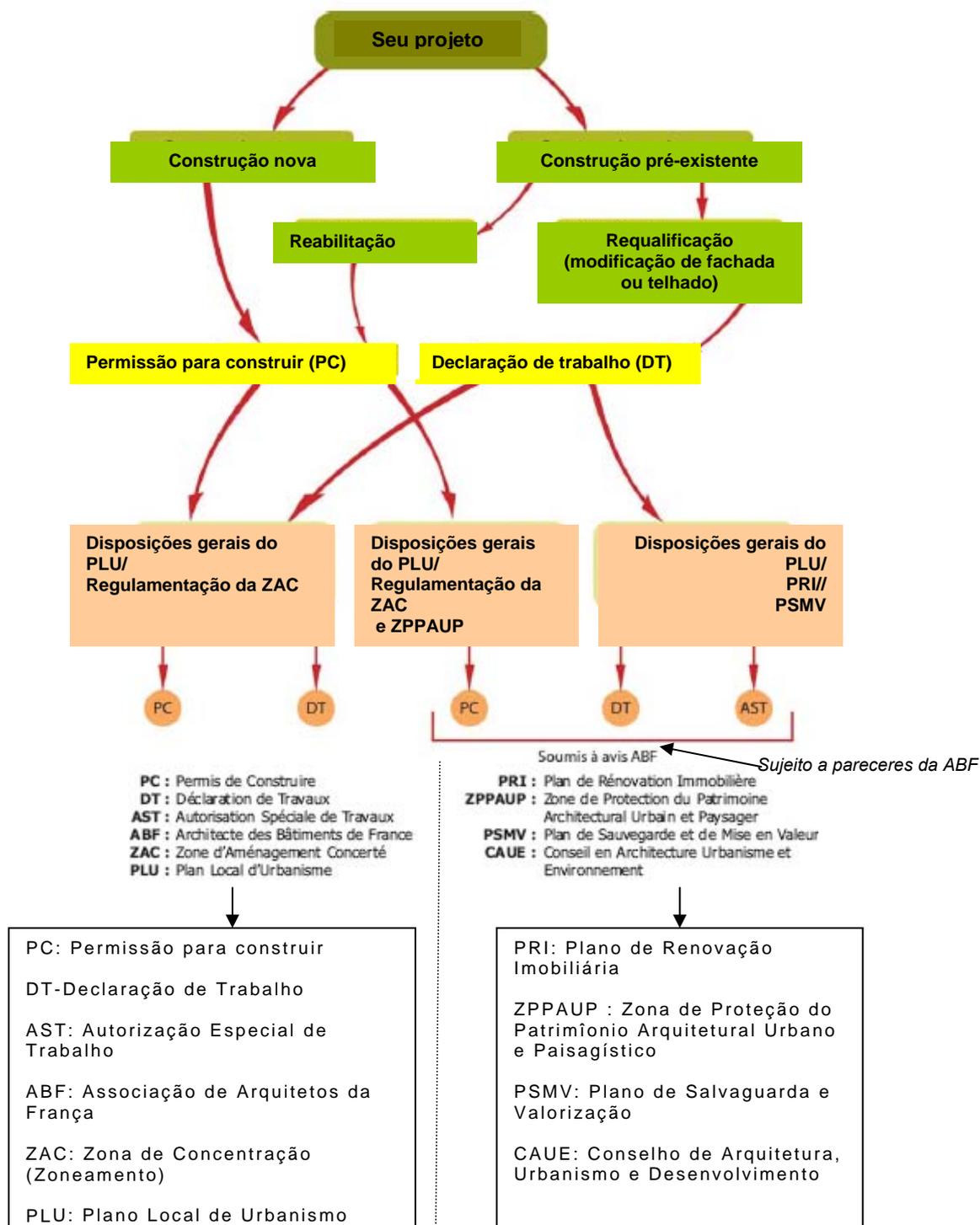


Figura 5.8 – Fluxograma informativo do processo de obtenção da documentação para instalação do SAS. (Traduzido de *COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX*, 2007)

Em caso de construções novas e reabilitações, devem ser atendidas as disposições gerais do Plano Local de Urbanismo (relativo a cada câmara municipal<sup>68</sup>). Em caso

<sup>68</sup> *COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX* (2007)

de reabilitações, há ainda as determinações de proteção do patrimônio arquitetural urbano e paisagístico. No caso de requalificações, além do plano local de urbanismo, devem ser considerados as diretrizes dos planos locais de renovação imobiliária e de salvaguarda e valorização. Nota-se uma visão integrada da edificação e da localidade no processo de instalação de sistemas solares térmicos e/ou fotovoltaicos.

Além disso, é feita uma relação entre a autonomia (fração solar) possibilitada pelo sistema solar térmico e diversos outros fatores que são tratados de forma combinada, nessa relação com a fração solar: a inclinação do coletor em relação ao plano horizontal, a orientação do mesmo em relação ao sul geográfico<sup>69</sup> e o local de sua implantação (fachada, piso ou telhado). Essa relação entre a autonomia do sistema e esse conjunto de fatores é observada para uma premissa composta por: uma área coletora, um volume de reservatório e uma temperatura de aquecimento, também de forma conjunta. Apesar do documento não explicitar os critérios utilizados no que diz respeito à sazonalidade que tenha sido considerada<sup>70</sup>, demonstra-se uma visão conjunta e didática dos potenciais das variáveis arquitetônicas combinadas em função de determinadas metas de autonomia do SAS.<sup>71</sup>

A importância dada pelo documento à questão da integração arquitetônica engloba as escala 2 e 3 e as dimensões políticas, sociais e técnicas da obtenção dessa integração, de maneira que, através de diagramas acessíveis a toda a sociedade local, cada informação técnica de cada fase (da concepção à utilização) está relacionada aos respectivos órgãos e profissionais responsáveis, bem como as documentações necessárias, além de exemplos de boa integração arquitetônica e urbanística com alguns outros requisitos da edificação no ambiente. Um exemplo, até relacionado aos problemas encontrados no estudo de caso do Capítulo 4, é o quesito da vegetação. Para as janelas que recebem os efeitos da radiação solar, amenizações advindas da proximidade das árvores são positivas, porém, quando estão simultaneamente junto ao coletor podem sombreá-lo. O documento da

---

<sup>69</sup> No caso do hemisfério da latitude brasileira, a direção geográfica correspondente seria N (Norte).

<sup>70</sup> Cf. Tópico 2.2 da presente Dissertação, p.18.

<sup>71</sup> Cf. *COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX*, 2007, p.11.

Comunidade de *Pays D'Aix* já traz idéias sobre posicionamento de coletores com uma segunda função de proteção das janelas, permitindo eventualmente que as árvores possam ser mais afastadas, minimizando riscos de sombreamento sem deixar de manter a qualidade bioclimática. O documento traz a dica do afastamento das árvores sem fazer a relação com a compensação do sombreamento de janelas pelo coletor, mas, de qualquer forma, a preocupação com esses aspectos bioclimáticos é explícita no documento e denota a valorização do Planejamento integrado do ambiente e seus diversos requisitos. Abaixo as duas dicas independentes do documento que estão sendo aqui relacionadas (Figuras 5.9 e 5.10):

Exemple de réduction de l'autonomie par la présence d'arbres au sud d'un capteur posé au sol, orienté plein sud et incliné à 45°.

Nombre d'arbres	0	1	2
Diamètre du feuillage de l'arbre (en m)		6	2 x 6
<b>Autonomie de l'installation solaire</b>	<b>73%</b>	<b>54%</b>	<b>46%</b>

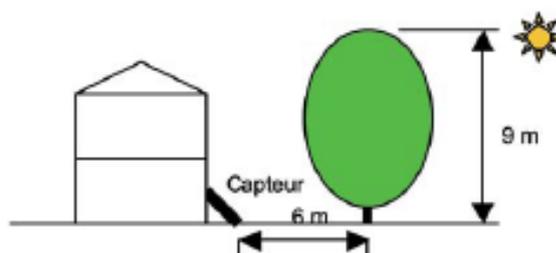


Figura 5.9 – Relação da redução da autonomia do SAS (com coletores a 45° voltados para o sul na latitude local) com o número de árvores de 9 metros de altura a seis metros de distância. (COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX, 2007)



Figura 5.10 – Utilização dos coletores solares como elementos compositivos bioclimáticos. (COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX, 2007)

Uma consideração possível a respeito dessa integração é que, além da possibilidade de participar do quesito do conforto higrotérmico do interior da casa, a

solução ainda permite a inclinação precisa recomendada para o contexto local, independentemente das possibilidades de fazê-lo no telhado, onde há outras variáveis, como a inclinação recomendável para as telhas e a disponibilidade de espaço, por exemplo. Se tomadas as devidas precauções de segurança ou mesmo melhorias projetuais em relação ao caso ilustrado na Figura 5.9, já que esse local é mais acessível do que o telhado e, assim, potencialmente mais suscetível a quebras, passagem de pessoas, fragilidade estrutural etc.

Alem da integração bioclimática, as sugestões do documento francês recomendam precauções quanto a intempéries a acessibilidade para manutenção além de ressaltar para o quesito estético, cinco variáveis principais a serem consideradas harmonicamente na integração: a forma, a proporção, a inserção na estrutura/vedação de apoio, a posição e a associação com outras funções (Figura 5.11):

**O coletor solar é um elemento de composição arquitetônica e como tal deve levar em conta:**

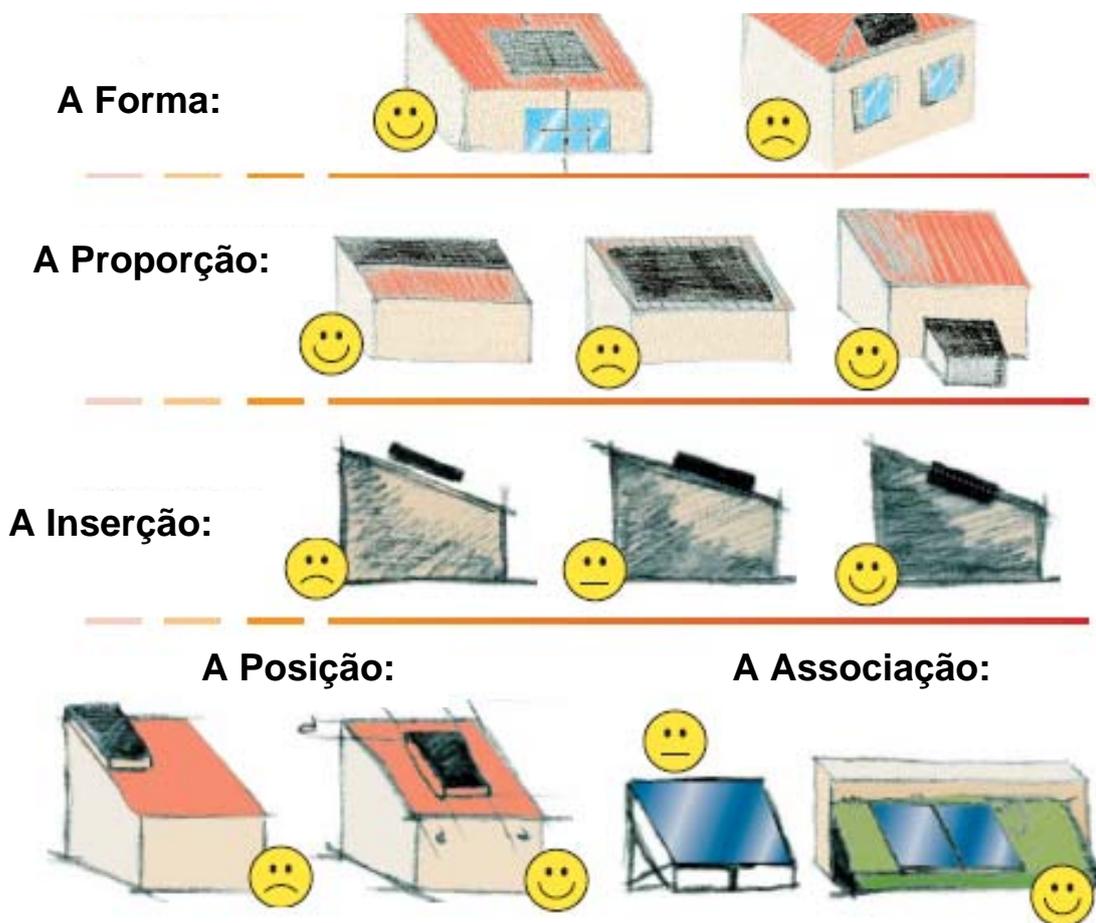


Figura 5.11 – Manual educativo da utilização dos coletores solares como elementos compositivos. (Traduzido de *COMMUNAUTÉ DU PAYS D'AIX*, 2007)

Contudo, vale observar que essas decisões projetuais de forma, proporção, inserção, posição e associação não condicionam nem são condicionadas apenas pelo quesito “estética” e, portanto, devem estar harmonizadas com outros quesitos de habitabilidade, segurança e sustentabilidade, segundo o que até então foi tratado pelo trabalho. O caso português trata do SAS com uma visão integrada da sustentabilidade com base no conceito de desempenho energético-ambiental.

### **5.2.3 Energia Solar Térmica no Contexto da Certificação Nacional em Portugal**

Segundo TIRONE (2008a),

“Em Portugal, a Agência para a Energia (ADENE) é a entidade gestora do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. A ADENE desenvolve e gere o portal informático da certificação, coordenando a formação dos Peritos Qualificados que irão emitir os certificados. Promove campanhas de informação e comunicação e fiscaliza a boa implementação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (...) O novo paradigma energético, que descentraliza a produção e transformação da energia, transforma todos os utilizadores de energia em potenciais produtores (ou transformadores) de energia. O primeiro passo, neste sentido, é a integração de sistemas solares térmicos em edifícios de habitação (novos ou a reabilitar), de acordo com a obrigatoriedade do Decreto- Lei 80/06 de 4 de Abril. (...) Os sistemas solares térmicos devem ser correctamente dimensionados, executados com precisão, bem instalados e operados de forma eficiente. Neste sentido, os sistemas devem ser concebidos, executados, instalados e operados por entidades com o “know how” necessário e com meios relevantes”.

Em Portugal, a visão do ambiente construído como um todo em iniciativas quanto à energia solar térmica tira partido de uma certificação nacional obrigatória. O programa envolve eficiência energética, gestão de recursos e energias renováveis, dentre elas, a energia solar térmica, embora não apenas esta.

Ainda segundo TIRONE (2008b):

“em Portugal foi possível reunir as condições para tornar obrigatória a instalação de sistemas solares térmicos em edifícios novos de uso habitacional, com base no facto do investimento necessário ter um período de retorno curto e do país ser extremamente rico em horas de sol – podendo satisfazer em 70% as necessidades de aquecimento das águas quentes domésticas com, em média, 1m<sup>2</sup> de área de colectador por habitante.

O facto do sistema de certificação energética dos edifícios partir de uma abordagem baseada no desempenho, e não de uma abordagem prescritiva, foi outra decisão estratégica que favoreceu o sucesso e a aceitação desta directiva no meio profissional, porque qualquer arquitecto ou engenheiro encara uma medida prescritiva como limitadora da sua criatividade”.

Muito relacionada à visão proposta pelo presente trabalho, a energia solar térmica em Portugal tem como fim não o sistema de aquecimento solar em si mesmo, mas o desempenho energético-ambiental do edifício, sujeito a uma certificação. A visão conjunta sobre recursos e energia, bem como da eficiência energética potencializa um balanço dos efeitos da instalação dos componentes no que diz respeito a recursos como a água e o consumo de energia elétrica que inclui os subcomponentes do SAS.

Porém cabe destacar que sistemas de certificação que possuam diretrizes prescritivas podem ser de fácil processo de aplicação em locais diversos, mas limitantes a abordagens baseadas em características bioclimáticas. Para LAMBERTS (2008) apud MULLER (2008), já se comprovou que a comparação de edifícios com certificações LEED pode não ser energeticamente significativa em relação a edifícios convencionais, devido a essa questão do desempenho em cada caso específico.

Por sua vez, MESSINA (2008) apud MOREIRA (2008), corroborado pela opinião de JOHN (2008) apud MOREIRA (2008), afirma que há potencial significativo de maior consumo de água e até mesmo de eletricidade [escala urbana e regional] com a substituição de aquecedores de passagem por aquecedores de acumulação [escala do componente], quando não há um correto planejamento [escala da edificação] que potencialize que isso seja compensado. Essa hipótese do aumento do consumo de energia elétrica também foi pesquisada por VARELLA (2004), embora, na pesquisa desta autora, o alto consumo de energia não tenha sido definitivamente atribuído à substituição de aquecedores de passagem por aquecedores de acumulação, embora tenha constatado um consumo maior de energia em residências com utilização do SAS\_CD em relação a residências sem o SAS\_CD.

Assim, certificações ou leis prescritivas de equipamentos e estratégias não-baseadas em desempenho, (no caso português um desempenho energético-ambiental), tendem a colocar o SAS, (ou outros componentes), como um fim em si mesmo, devido ao seu potencial de contribuição com a sustentabilidade, porém, um fim cujo desempenho pode não se concretizar, devido a efeitos colaterais energéticos ou ambientais.

O caso da energia solar térmica tira partido da visão do desempenho energético-ambiental presente na legislação portuguesa, que é uma forma de minimizar que, tanto a obrigatoriedade do SAS de maneira exclusiva quanto a prescrição de outras tantas estratégias de sustentabilidade agrupadas em certificações, venham a compor um conjunto com balanço energético e ambiental favorável.

Outro aspecto importante da experiência portuguesa é a integração com a rede. Para TIRONE (2009):

“a energia solar, a energia eólica e a energia geotérmica, disponíveis em Portugal, um pouco por todo o lado, revelam-se uma riqueza que pode ser captada e transformada, também por todo o lado, desde que a rede de abastecimento de energia tenha a capacidade e disponibilidade para absorver o que o próprio utilizador-produtor não utilize na hora”.

Opinião semelhante tem o LAMBERS (2008) apud MOREIRA(2008), os edifícios têm potencial para a geração de energia elétrica e térmica que pode ser injetada na rede, como já é feito em alguns países europeus. Essa geração de energia pode vir de painéis solares térmicos e fotovoltaicos ou turbinas eólicas incorporadas à fachada dos edifícios.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 ASPECTOS GERAIS

As grandes cidades brasileiras; e mesmo a construção residencial de alto padrão no país; são condicionadas por uma cultura construtiva e de consumo nas quais estão presentes aspectos parcialmente desfavoráveis ao aproveitamento da Energia Solar através de tecnologias ativas e passivas, seja para aquecimento de água ou mesmo para a satisfação de outros importantes aspectos do conforto humano, como a iluminação natural e a higrotermia.

Esse aspecto remete ao fato de que a fonte solar é responsável também pela possibilidade de aproveitamento ativo ou passivo da ventilação através da movimentação das massas de ar na superfície terrestre devida às diferenças de temperatura e pressão, bem como por formas indiretas de energia, como a biomassa.

Conseqüentemente, higiene física e habitacional, saúde física e psicológica, espaço territorial para plantio e biomassa e tantos outros aspectos da interação do meio antrópico com o ambiental dependem de escolhas construtivas, as quais envolvem desde o ciclo de vida de materiais e processos construtivos, passando pela interação de componentes na edificação até o avanço da urbanização e suas implicações na área drenável e no regime de chuvas, nas reservas ambientais, no espaço agrícola, no conforto psicológico e físico do paisagismo, nos transportes e na poluição etc.

Todos esses aspectos, quando sob a ótica ambiental, realimentam as necessidades, disponibilidade e condições de aproveitamento do recurso solar no decorrer do tempo. Sendo assim, estudar uma determinada tecnologia solar como solução construtiva significa não apenas preparar ou adaptar edificações e cidades para receber um sistema de aquecimento solar, mas garantir que esse processo ocorra

de forma suficientemente harmônica com outros aspectos da qualidade da edificação e da cidade.

Tal processo exige a valorização dos processos projetuais e de planejamento, os quais, sendo não-palpáveis na forma de produtos e freqüentemente mensuráveis apenas no longo prazo, encontram contradições em aspectos culturais e sócio-econômicos da construção e do consumo no país.

A pesquisa de campo possibilitou a observação da baixa valorização dos processos de projeto arquitetônico e planejamento urbano. Mesmo no setor de construção de residências de alto-padrão, há elementos culturais desfavoráveis ao processo projetual, como a baixa demanda pela formalização de seus profissionais. A atividade intelectual de projeto ou planejamento no Brasil ainda é muito desvalorizada, em função do que parece mais “palpável”, como o “desenho” ou a entrega de um produto físico, como o coletor solar ou seu serviço de instalação, já que as perdas na qualidade total da construção exigiriam outro tipo de mensuração e muitas vezes não atingem diretamente o construtor ou o proprietário da unidade edificada, pelo menos em sua maneira própria de conceber o impacto da construção de sua residência no ambiente. Esse problema é naturalmente mais identificado com o segmento residencial da construção, que ainda não é o principal nicho das certificações de qualidade ou sustentabilidade no Brasil.

Por seu lado, os próprios profissionais da Arquitetura estão sujeitos ao distanciamento da qualidade e/ou da sustentabilidade, pela falta de conhecimento e atualização, ou ainda pelas condições de trabalho junto a clientes que ainda demandam outros paradigmas construtivos e impõem seu poder financeiro com o respaldo de uma formalização projetual inexistente e pouco fiscalizada.

Normas técnicas, certificações de sustentabilidade e de qualidade e legislações urbanas vêm se desenvolvendo. Porém, a relação de tais ferramentas modelares com o mundo real, os contextos específicos, e também entre si, ainda necessita de uma maior orquestração de variáveis das diversas dimensões de planejamento, de modo que não haja tantas brechas em requisitos na qualidade e segurança

habitacional ao se incorporar ao ambiente estratégias de sustentabilidade, como as novas tecnologias.

Essas ferramentas podem ser importantes para a tecnologia solar térmica, se avaliarem o desempenho energético-ambiental e de qualidade habitacional deste e de outros componentes no contexto de aplicação e não apenas prescreverem soluções tecnológicas de maneira generalizada.

Além disso, a construção brasileira ainda necessita de significativa evolução em aspectos ligados à gestão de processos e de pessoas; processo ainda dificultado pelo próprio paradigma cultural dos conceitos de qualidade ou de custo- benefício. Uma visão distorcida e parcial sobre a qualidade, bem como um individualismo sociológico na concepção da unidade edificada no meio ambiental-urbano ou da inserção das tecnologias solares no sistema dessa unidade edificada, ainda permeiam e condicionam fortemente a ação e reação dos agentes da construção, do lado da oferta ou do lado da demanda pelo SAS\_CD.

Esses aspectos estão tipificados no setor residencial brasileiro, incluindo-se a parcela da construção classificada como de *alto-padrão*, muito significativa no mercado da tecnologia solar térmica para o aquecimento de água. Nessa parcela social, a valorização e as possibilidades de efetivação do trabalho sistêmico para instalação do sistema de aquecimento solar vem se revelando pequena e caracterizada por uma motivação primeira de meramente reduzir os custos financeiros com energia elétrica, sem a exploração do potencial do SAS\_CD para outras funções arquitetônicas, tampouco minimização de seus próprios efeitos colaterais desfavoráveis, típicos dos sistemas de acumulação.

Uma consciência mais completa em relação aos potenciais e efeitos da tecnologia perde-se pela natureza da manifestação de alguns efeitos provocados. Alguns destes tendem a atingir, num primeiro momento, as escalas mais amplas que a unidade edificada. Decisões projetuais semelhantes em diversas edificações podem assim gerar efeitos na escala urbana e regional que só venham a se manifestar na escala construtiva que os gerou de forma indireta no espaço e/ou no tempo.

## 6.2 CONTRIBUIÇÕES

### 6.2.1 A Visão Matricial Do Ambiente Construído como Decorrência da Conjunção de Agentes no Processo de Aplicação do SAS\_CD

A necessidade de consciência não apenas das partes do todo do ambiente construído, mas da relação entre essas partes quando combinadas entre si no contexto real de aplicação - ainda que com base em critérios de desempenho que se contradizem, se superpõem e adquirem gradativamente novos valores sustentáveis - é uma contribuição que procura ilustrar, sinteticamente, o complexo processo de projeto arquitetônico e a abrangência necessária do conhecimento mínimo de seus agentes em cada escala. Isso para que as iniciativas quanto à importante tecnologia de aquecimento térmico de água não consista em mero condicionamento de todo o ambiente construído para a instalação do equipamento, sem o conhecimento das necessidades sustentáveis e de habitabilidade e segurança das escalas habitáveis que o englobam e cujos requisitos convivem com os desse componente.

Diversas matrizes vêm sendo desenvolvidas por diversos autores relacionando cada escala do ambiente construído com seus requisitos bioclimáticos. Mas o modelo aqui proposto visou a combinação entre essas escalas, revelando que as estratégias bioclimáticas ideais em cada uma delas separadamente possui uma harmonização mais complexa do que a simples checagem de estratégias de qualidade ou sustentabilidade prescritas para cada uma. Ao se colocar o SAS\_CD como estratégia para a sustentabilidade, é preciso enxergar não apenas o potencial positivo de aproveitamento da energia solar para aquecimento térmico de água, mas potencializar outras funções importantes que o sistema pode trazer na Arquitetura e no Urbanismo, além de considerar e minimizar possíveis efeitos adversos que decorram da combinação entre o componente e as escalas habitáveis, como a questão da água. Essa visão combinada é muito diferente da consciência fragmentada e parcial das escalas que ocorre na prática da construção civil. A intenção do modelo foi permitir um questionamento dessa prática, que envolve dimensões técnicas e políticas, bem como o questionamento das próprias

certificações, muitas baseadas em metodologias prescritivas e, principalmente, o questionamento das leis solares voltadas exclusivamente ao componente SAS\_CD.

### **6.2.2 As possibilidades de questionamento a leis para o SAS\_CD a partir do reconhecimento da necessidade da visão do todo do ambiente construído: as certificações como possibilidades.**

Os casos internacionais pesquisados são importante referência quanto ao foco no desempenho efetivo e não apenas na instalação do componente em si mesmo. Os casos espanhol e português exemplificam ambos uma preocupação, respectivamente, com metas de redução da carga elétrica (independentemente das possibilidades de que isso seja feito através de um SAS) e com o desempenho energético-global a partir de uma certificação obrigatória para todas as edificações, além da visão da geração de energia nos edifícios, situando-os no todo do sistema energético.

Já o caso francês aponta uma visão do potencial da identidade de um local, sua paisagem e suas possibilidades bioclimáticas com os sistemas de aquecimento solar, atribuindo a estes um potencial ainda maior do que seu fim primeiro, que é a redução de custos financeiros com o aquecimento elétrico de água.

Os próprios efeitos desfavoráveis observados nos estudos de caso e que podem advir de tentativas de favorecer apenas o componente, como a retirada de vegetação, no caso francês, visivelmente podem ser minimizados com formas de utilização arquitetônica do componente para fins de sombreamento de aberturas desfavorecidas pela insolação, por exemplo. Porém, ainda o desempenho global da edificação tiraria partido de um compromisso de desempenho energético, como no caso espanhol e, mais ainda, com um desempenho energético-ambiental, como no caso português, para que se cubra a verificação de questões, tais como o potencial aumento no consumo de água, recurso de disponibilidade crítica para muitos condomínios fechados metropolitanos pesquisados.

### **6.2.3 O questionamento das certificações: a dicotomia entre qualidade e sustentabilidade**

A presente dissertação ressalta ainda a importância de que o desempenho verificado seja energético, ambiental e também habitacional (conforto, segurança etc.), de maneira que se desafie a dicotomia entre a sustentabilidade e a qualidade que acabou advindo do novo foco das certificações de sustentabilidade. Não se deve pensar em estratégias de economia de energia com riscos de segurança, tampouco se valorizar preferências pessoais para a habitação sem uma visão energético-ambiental. O trabalho revelou que, tanto as iniciativas para a sustentabilidade (mesmo as certificações, que têm uma visão do todo do ambiente construído) quanto a sociedade precisam mudar seus paradigmas em função do desafio a esta dicotomia. Isso exige uma visão escalar do ambiente construído que tira partido da matriz proposta. Exige também dos agentes políticos uma conjunção de conhecimentos, também modelada no presente trabalho, para que as iniciativas sejam efetivas e incluam processos de gestão, projeto e planejamento que beneficiem, verdadeiramente, mais de um ou poucos grupos interessados e que isso tenha respaldo na legislação e na regulamentação.

As certificações são importantes, mas mais importante ainda é o devido processo de projeto caso a caso, com variáveis contextualizadas, sendo que as certificações prescritivas não podem reunir em suas equipes apenas os agentes do setor de equipamentos, mas os agentes de planejamento e projeto, para que suas metodologias não considerem meramente a reunião de equipamentos sustentáveis em um único empreendimento, mas o seu desempenho combinado, com qualidade para as escalas habitáveis. Essa relação entre partes e a constatação de que as estratégias tidas como sustentáveis podem ter também impactos desfavoráveis, apesar de sua inegável importância para a sustentabilidade, é o que faz da gestão, do projeto e do planejamento o caminho indispensável (e o que faz da conjunção das dimensões técnicas e políticas a estratégia para tanto).

## 7 BIBLIOGRAFIA

ABDALLA, G. F. et al. O Invisível de Quem Cuida: A Humanização das Unidades de Apoio em Ambientes de Saúde – Uma Experiência em Juiz de Fora. In: **Anais do I CONGRESSO NACIONAL DA ABDEH – IV SEMINÁRIO DE ENGENHARIA CLÍNICA – 2004**. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/invisivel\\_quem\\_cuida.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/invisivel_quem_cuida.pdf). Acessado pela última vez em Outubro de 2008.

ADVANCED BUILDINGS. **Lighting and Daylighting- Lightshelves**. Disponível em: [http://www.advancedbuildings.org/main\\_t\\_lighting\\_light\\_shelves.htm](http://www.advancedbuildings.org/main_t_lighting_light_shelves.htm). Acessado em 15 de abril de 2007

AGENCIA DE ENERGÍA DE BARCELONA. **Ordenanza Solar Térmica**. Barcelona. 2006. Disponível em: <http://www.barcelonaenergia.cat/cas/documentos/documentos3.htm>. Acessado em agosto de 2008.

ALDABÓ, R. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

ALPHANEWS. Arquivos de notícias. Disponível em: [www.alphanews.com.br](http://www.alphanews.com.br). Acessado pela última vez em: 02 de Dezembro de 2007.

AMORIM, C. N. D. A.; TEIXEIRA, M. A. A Iluminação Natural como Parâmetro de Avaliação de Desempenho Ambiental em Edificações Aeroportuárias. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n<sup>o</sup> 4, p. 95-111, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15569:2008 - Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12269:1992 - Instalação de sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

AU - Arquitetura e Urbanismo. **Sistemas de aquecimento solar devem ser obrigatórios?** Fóruns: edição 168 - 2008

BARREIROS, M. A. F. **Urbanização sob a Forma Condominal**. Biblioteca Virtual da EMLASA.

BARROSO-KRAUSE, C.; MEDEIROS, D. **Instalação de Coletores Solares. Dicas para Arquitetura**. Programa de Pós Graduação em Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

BARROSO-KRAUSE, C.; BASTOS, L.. **Sustentabilidade e Arquitetura: HQE e os alvos ambientais**. Programa de Pós Graduação em Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

BODART, M.; HERDET, A. de. **Global Energy Savings in Offices Buildings by the Use of Daylighting**. Energy and Buildings, n. 38, pgs. 421-429, 2002.

Cushman & Wakefield. **Implementando Tecnologias Acessíveis para a Sustentabilidade da Construção Civil**. Sem data.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, Vento e Luz**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

**CANAL EXECUTIVO**. Alphaville atrai cada vez mais escritórios. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/canalexecutivo/notas05/211020054.htm>. Acessado pela última vez em: 25 de Outubro de 2007.

CASANOVAS, Xavier. **L'energia solar a Barcelona L'ordenança solar tèrmica**. Barcelona: Agència D'Energia de Barcelona, 2007.

Communauté Du Pays d'Aix. **Pour L'Intégration Architecturale Des Capteurs Solaires Thermiques**. Provença, 2005.

CORREA, R. M.; NAVEIRO, R. M. **Importância do Ensino da Integração dos Projetos de Arquitetura e Estrutura de Edifícios: Fase de Lançamento das Estruturas**. Disponível em:

[http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/IMPORTANCIA%20\\_DO\\_ENSINO\\_DA\\_INTEGRACAO\\_ARQUIT ESTRUT.pdf](http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/IMPORTANCIA%20_DO_ENSINO_DA_INTEGRACAO_ARQUIT ESTRUT.pdf). Acessado pela última vez em Outubro de 2008.

COSTA, L. Considerações Sobre Arte Contemporânea (1940). In: **Lúcio Costa, Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

ABRAVA. **Cidades Solares - Leis e PLs Municipais Nacionais e Internacionais**.

Disponível em: [http://www.cidadessolares.org.br/conteudo\\_view.php?sec\\_id=7](http://www.cidadessolares.org.br/conteudo_view.php?sec_id=7). Acessado pela última vez em 20 de Novembro de 2007.

SÃO PAULO (MUNICÍPIO). Decreto Nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008. São Paulo, 2008.

SÃO PAULO (MUNICÍPIO). Lei nº 14.459, de 3 de julho de 2007. São Paulo, 2007.

D'OTTAVIANO, M. C. L. Condomínios Fechados na Região Metropolitana de São Paulo: fim do modelo centro rico versus periferia pobre? In: **Anais** do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. ABEP. Caxambu, 2006.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN; W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 1991.

ECO, H. **Arte e Beleza na Estética Medieval**. Barcarena: Editora Presença, 2000.

EMBRAESP. **Estatísticas da Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio**. Disponível em: <http://www.embraesp.com.br/pesquisas/estat.htm>. Acessado pela última vez em julho de 2008.

FABRICIO, M.M.; BAHIA, J. L.; MELHADO, S.B. Estudo do Fluxo de Projetos: Cooperação Seqüencial x Colaboração Simultânea. In: **Anais** do Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho - SIBRAGEQ. Recife, 1999.

SEMINÁRIO DE AQUECIMENTO SOLAR NA ATUALIDADE, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Procel & Cemig, 1993.

Folha de São Paulo. **Lá vem o sol**. Suplemento Revista Morar. 31/08/2007.

FORMOSO, C. T.; INO, A. (Ed). **Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Coletânea Habitare – Volume 2. Habitare, 2003.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. Sistema de Informações dos Municípios Paulistas da Fundação. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php>. Diversos acessos.

GAZZANEO, L. M. C.; LARANJA, A. C. **Contribuições dos Estudos de Alta Qualidade Ambiental ao Processo de Projeto.** In Encontro Capixaba de Engenharia de Produção – ENCEPRO (ANAIS). Vitória, 2008.

GEROLLA, G.. **Lei Emplaca Energia Solar.** Folha de São Paulo. Fev. 03, 2008. Disponível em: Hemeroteca do Instituto de Eletrotécnica e Energia. <http://infoener.iee.usp.br/infoener/hemeroteca/imagens/111012.htm>. Acessado pela última vez em Outubro de 2008.

GNIPPER, S. F. **Qual a durabilidade do encanamento de um edifício? Qual o melhor material para as tubulações hidráulicas?** Fórum da Construção. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (IBDA). Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=103>. Acessado pela última vez em 24 de janeiro de 2009.

GOMBRICH, E. H. **Norma e Forma.** São Paulo: Martins Fontes, 1990.

GONÇALVES, O. M. et al. Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações. **Coletânea Habitare, vol. 3 - Normalização e Certificação na Construção Nacional.** Disponível em: <http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/114.pdf>. Acessado pela última vez em Julho de 2008.

GOOGLE. **Permission Guidelines for Google Maps and Google Earth.** Disponível em: <http://www.google.com/permissions/geoguidelines.html>. Acessado pela última vez em 29 de Janeiro de 2009.

HELIOTEK. **Sistema Heliotek de Aquecimento Solar. Manual do proprietário.** Disponível em: [www.heliotek.com.br](http://www.heliotek.com.br). Acessado pela última vez em: 02 de Dezembro de 2007.

HILL, A.; HILL, M. **Investigação por Questionário.** Lisboa: Edições Sílabo, 2002.

HIGUIERAS, E. **Urbanismo Bioclimático.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2006.

INMETRO PROCEL. **Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE. Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água.** Revisão 9, Agosto 2007.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO). **ISO-6241. Requisitos de Desempenho das Edificações.** 1994.

INTERNATIONAL SUSTAINABLE ENERGY ORGANIZATION FOR RENEWABLE ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY. **Barcelona Ordinance on Application of Solar Thermal Energy Systems Into The Buildings.** Disponível em: <http://www.uniseo.org/image/energypages/barcelona.html>. Acessado em Julho de 2008.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Estratégia em Ação: *Balanced Scorecard*.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.

KULCHETSCKI, L. et al. Arborização urbana com essências nativas: uma proposta para a região centro-sul brasileira. **Revista Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, n. 3. p. 25-32, dezembro 2006.

Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. Acessado em 28 de Março de 2007.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura.** PROCEL. São Paulo, 1997.

LIRA, J. L. A. Água Quente em Tubulações Hidráulicas. **Revista Tecnologia - UNIFOR**, n.12, 1991. Disponível em: <http://www.unifor.br/notitia/file/387.pdf>. Acessado pela última vez em 24 de Janeiro de 2009.

LORENZO, E. et al. **Electricidad Solar. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos.** Instituto de Energía Solar. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid: Ed. PROGNSA, 1994.

MACEDO, A. C. A Carta do Novo Urbanismo Norte-Americano. **PORTAL VITRÚVIUS** Março de 2007. Disponível em: [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq082/arq082\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq082/arq082_03.asp). Acessado pela última vez em: 15 de Janeiro de 2008.

MACIEL, A. A. **Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

MAHFUZ, E. C. Arquitetura consumida na fogueira das vaidades. **Portal Vitruvius**, Maio de 2001. Disponível em: [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012\\_00.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_00.asp). Acessado pela última vez em Maio de 2008.

MAKINODAN, D. Y.; COSTA, S. M. F. Estudo das Características Socioeconômicas e Ambientais da Bacia do Rio Comprido. In: **Anais** do XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu, 2004.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais**. São Paulo: Edusp, 2002.

MELHADO, S. B. **Coordenação e Multidisciplinaridade do Processo de Projeto: Discussão da Postura do Arquiteto**. 2002. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A013.pdf>. Acessado pela última vez em Dezembro de 2008

MELHADO, S. B. et al. Escopo de Serviços Para Coordenação de Projetos. In: **Anais** do IV Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

MENDONÇA, B.V. **Alphaville - Intenção: Cidade-Jardim, Resultado: Subúrbio-Jardim**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 1999.

MENDONÇA, B.V.; FADIGAS, E. A. F. A.; FUJII, R. J. Integração Arquitetônica e Urbanística da Energia Solar Térmica em Condomínios Fechados - Estudo de Caso de Alphaville, São Paulo. In: **Anais** do VI CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. SBPE. Salvador, 2008.

MOURA, V.; SCHMIDT, A. **A Integração de Sistemas Fotovoltaicos na Arquitetura Brasileira Contemporânea: Potencial Enquanto Conceito Arquitetônico em Shopping Centers**. Centro Politécnico, Laboratório de Conforto Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005

MULLER, F. Habitante eficiente contribui para construção sustentável. **Mercado Ético**. Sem data. Disponível em: <http://mercadoetico.terra.com.br/arquivo/habitante-eficiente-contribui-para-cidade-sustentavel/>. Acessado pela última vez em Janeiro de 2009.

NE'EMAN, E. **A Comprehensive Approach to the Integration of Daylight and Electric Light in Buildings**. Energy and Buildings, n. 6. ,pgs. 97 – 108, 1984.

OJIMA, R. Sociólogo Desenvolve Indicador Para Ocupação Urbana Planejada. Depoimento a Manuel Alves Ferreira. **JORNAL DA UNICAMP**. Março de 2007 Disponível em:

[http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/marco2007/ju352pag11.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2007/ju352pag11.html).

Acessado em 02 de Dezembro de 2007.

OLGWAY, V. **Arquitectura y Clima – Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004.

ORNSTEIN, S. **Avaliação Pós Ocupação**. São Paulo: EDUSP/Studio Nobel, 1990.

PAIVA, V. L. M. O. Reflexões sobre ética na pesquisa. **Revista Brasileira de Lingüística Aplicada**. Belo Horizonte. v. 5, n. 1, p. 43-61, 2005.

PENNA, A. C. M. et al. Avaliação Pós-Ocupação (APO) em Edificações da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) O Caso do Instituto Fernandes Figueira (IFF). In: **Anais do NUTAU 2002**. FAUUSP. São Paulo, 2000. Disponível em:

PEREIRA, M. A. Lei que exige aquecimento solar em São Paulo gera polêmica entre especialistas. **UOL Ciência e Saúde**. Fevereiro de 2008. Disponível em: <http://cienciaesaude.uol.com.br/ultnot/2008/02/03/ult4477u312.jhtm>. Acessado pela última vez em Outubro de 2008.

PÉREZ, D. R. C. **O Envelope Solar e o Direito ao Sol**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

PINlweb notícias. **Asbea critica lei que obriga a implantação de aquecimento solar**. 29/01/2008

PINlweb notícias. **Abrava contesta informações da Asbea sobre lei de aquecimento solar**. 01/02/2008

PINlweb notícias. **Assessor da prefeitura de SP esclarece pontos da nova lei de aquecimento solar**. 06/02/2008

PINlweb notícias. **Prepare-se para a lei dos Aquecedores Solares**. 13/02/2008

PINIweb Tecnologia & Materiais. **Construtoras não conseguem cumprir lei do aquecedor solar e medição individual. Arquitetos e engenheiros apontam dificuldades para cumprir leis que obrigam a instalação de sistemas de aquecimento solar.** 03/06/2008

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTANA DE PARNAÍBA. **Plano Diretor 2005/2006 do Município de Santana de Parnaíba.** 2006. Disponível em: [http://www.santanadeparnaiba.sp.gov.br/plano\\_diretor.htm](http://www.santanadeparnaiba.sp.gov.br/plano_diretor.htm). Acessado pela última vez em 01 de Dezembro de 2007.

PRADO, R. T. A. et al. **Levantamento do estado da arte: Energia Solar.** Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. FINEP. Projeto 2386/04. Documento 2.3. São Paulo, 2007.

PROCOBRE. **Instalações elétricas.** Disponível em: [http://www.procobre.com/pr/aplicacoes\\_do\\_cobre/instalacoes\\_eletricas\\_detalle1.html](http://www.procobre.com/pr/aplicacoes_do_cobre/instalacoes_eletricas_detalle1.html) Acessado pela última vez em Novembro de 2008.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **EcoHouse. A Design Guide.** Londres: Architectural Press & Elsevier. Third Edition, 2007.

ROMERO, A. M. **Alphaville: Ilusão do Paraíso.** Dissertação de Mestrado em Geografia Urbana. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SÁ, P. **Iluminamento Natural, Ensaios para sua Previsão nos Edifícios da Cidade Universitária.** Escritório Técnico da Cidade Universitária, Rio de Janeiro, 1954.

SAAD, R. S. **Análise de Desempenho de Coletores Solares para Aquecimento de Água.** Projeto de Formatura. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2003.

SATLER, M. A.; SCUSSEL, M. C. B. (Des)construindo Índices de Qualidade de Vida: Uma abordagem Crítico-analítica à Formulação de Indicadores de Sustentabilidade para Porto Alegre. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n 4, p. 31-44, 2007.

TECHNE. **Ruído em tubulações hidráulicas pode ter várias causas.** Edição 136 – agosto de 2008.

TIRONE, L. Sistemas Solares Térmicos. **Construção Sustentável**, 2008. Disponível em:

[http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=99&catid=99&Itemid=57](http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=99&catid=99&Itemid=57). Acessado pela última vez em Novembro de 2008.

TIRONE, L. Certificação Energética em Portugal. **Construção Sustentável**, 2008. Disponível em:

[http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=112:certificacao-energetica-em-portugal&catid=66:certificacao&Itemid=59](http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=112:certificacao-energetica-em-portugal&catid=66:certificacao&Itemid=59). Acessado pela última vez em Novembro de 2008.

TRIPANAGNOSTOPOULOS, Y.; SOULIOTIS, M. Photovoltaics, small wind turbines and thermal collectors, an effective approach for building integrated solar and wind energy technologies. In: **Anais** do 4<sup>th</sup> European Conference – PV-hybrid and Mini-grid. Grécia, 2008.

VALDEJÃO, R.; GEROLLA, G. Arquitetos e Construtoras Discutem o Impacto da Lei de Aquecimento Solar. **Revista da Folha**, 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2007/morar4/rf3108200708.shtml>. Acessado pela última vez em Julho de 2008.

VARELLA, F. **Tecnologia Solar Residencial: Inserção de Aquecedores Solares de Água no Distrito de Barão Geraldo-Campinas**. Dissertação de Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

VEZZOLI, C. **Environmentally Sustainable Design Guidelines**. DIS, 2003.

VIANNA, C. S. **Iluminação Natural nos Edifícios**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo)- Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

WEBB, A. R. **Considerations of Light in Building Environment: Non-visual Effects of Light**. Energy and Buildings, n. 38. pages 721– 727, 2006.

WITTKOPF, S.K.; YUNIARTI, E.; SOON, L. K.. **Prediction of Energy Savings with Anidolic Integrated Ceiling across Different Daylight Climates**. Energy and Buildings, n. 38. ,pages 1120– 1129, 2006.

VENZKE, C. S. **A Situação do Ecodesign em Empresas Moveleiras da Região de Bento Gonçalves, RS: Análise da Postura e das Práticas Ambientais**.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestrado em Administração. Porto Alegre, 2002.

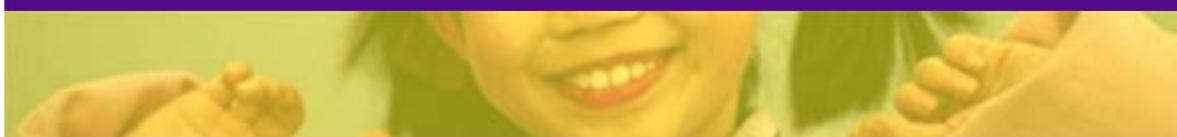
**ANEXO A – Guia para recolhimento de informações de campo**





## Agradeço a colaboração das pessoas entrevistadas.

- Recomenda-se o preenchimento deste formulário pela mestranda entrevistadora durante as respostas orais do entrevistado, devido ao recolhimento especializado de dados técnicos. Somente em casos especiais, o formulário poderá ser utilizado como questionário.
- O trabalho tem fins exclusivamente acadêmicos para a Pós- Graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo sob financiamento da CAPES.
- A carta de identificação e recomendação da entrevistadora, timbrada pela Universidade em que estuda, fica à disposição para consulta. Apenas a aluna que a porta está autorizada a desenvolver este trabalho, que é de sua autoria, financiado pela CAPES e publicado com registros autorais.
- A entrevista dura de 5 a 15 minutos e é muito simples!



## Eu e minha casa...

Nome (opcional) do(a) representante da família entrevistada:

Endereço:

Formação/ocupação:



VIRE



SOU MORADOR(A) DA CASA

SOU PROPRIETÁRIO(A) DA CASA

(  AMBOS)

RESIDÊNCIA PERMANENTE

RESIDÊNCIA DE FÉRIAS:

INVERNO  VERANEIO

(  AMBOS)

A CASA ESTÁ EM USO

A CASA ESTÁ EM OBRA e/ou REFORMA

(  AMBOS)

O TEMPO APROXIMADO DE EXISTÊNCIA DA CASA É  
DE:

\_\_\_ ANOS E \_\_\_ MESES

Para mim, são três principais:

✓ Características de uma boa casa:

✓ Características de um bom bairro:

✓ Características de uma boa cidade:

✓ Qualidades/ problemas de minha casa:

✓ Qualidades/ problemas de meu bairro:

✓ Qualidades/ problemas de minha cidade:



O PROJETO ORIGINAL:

É DE ARQUITETO (A)(S)

NÃO É DE ARQUITETO (A)(S)

REFORMAS POSTERIORES FORAM FEITAS:

COM A PARTICIPAÇÃO DE ARQUITETO (A)(S)

SEM A PARTICIPAÇÃO DE ARQUITETO (A)(S)

(  NENHUMA)

(  AMBAS)



# Água + Sol para minha Família...



Número de pessoas (familiares/ funcionários) que utilizam a residência para banho diariamente \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_

Pessoas	Horários do início do banho		Tempo aproximado de chuveiro aberto com a energia ligada		Vazio/ Temperatura do banho	
	Número de banhos com demanda de energia		Frio	Calor	Frio	Calor
Mulheres de 0 a 1 ano _____						
de 2 a 3 anos _____						
de 4 a 7 anos _____						
de 8 a 11 anos _____						
de 12 a 14 anos _____						
de 15 a 17 anos _____						
de 18 a 20 anos _____						
de 21 a 24 anos _____						
de 25 a 30 anos _____						
de 31 a 59 anos _____						
a partir de 60 anos _____						
Homens de 0 a 1 ano _____						
de 2 a 3 anos _____						
de 4 a 7 anos _____						
de 8 a 11 anos _____						
de 12 a 14 anos _____						
de 15 a 17 anos _____						
de 18 a 20 anos _____						
de 21 a 24 anos _____						
de 25 a 30 anos _____						
de 31 a 59 anos _____						
a partir de 60 anos _____						

Há pessoas com necessidades especiais? \_\_\_\_\_

Hóspedes/ familiares que moram fora? \_\_\_\_\_  
 frequência de banho/pernoite: \_\_\_\_\_ semanal \_\_\_\_\_  
 mensal \_\_\_\_\_ bimestral \_\_\_\_\_ trimestral \_\_\_\_\_ semestral \_\_\_\_\_ anual

Funcionários não residentes? \_\_\_\_\_  
 frequência de banho/pernoite: \_\_\_\_\_ semanal \_\_\_\_\_  
 mensal \_\_\_\_\_ bimestral \_\_\_\_\_ trimestral \_\_\_\_\_ semestral \_\_\_\_\_ anual

Como é o aquecimento? \_\_\_\_\_

# Minha opinião...



**COLETORES SOLARES  
PLANOS  
PARA  
AQUECIMENTO DE ÁGUA  
INSTALADOS\*\***  
(\*EM USO OU NÃO)

<p>A CASA ATUALMENTE <b>NÃO TEM</b> AQUECIMENTO SOLAR INSTALADO</p> <input type="checkbox"/>		<p>A CASA ATUALMENTE <b>TEM</b> AQUECIMENTO SOLAR INSTALADO</p> <input type="checkbox"/>	
<p>JÁ TEVE</p> <input type="checkbox"/>		<p>NUNCA TEVE</p> <input type="checkbox"/>	
<p>QUANTOS SISTEMAS INDEPENDENTES? _</p>		<p>QUANTOS DELES ESTÃO EM USO? _</p>	<p>QUANTOS DELES ESTÃO FORA DE USO? _</p>
<p>POR QUE HAVIA OPTADO PELO(S) SISTEMA(S)?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		<p>POR QUE OPTOU PELO(S) SISTEMA(S)?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>POR QUE ESTÁ(ÃO) FORA DE USO?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>POR QUE DESISTIU DO(S) SISTEMA(S)?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		<p>POR QUE NUNCA TEVE?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

# Meu jeito...



**PARA CADA SISTEMA INSTALADO ATUAL OU ANTERIORMENTE:**

**PG.**  
**1/5**

Atributo	Categorias		
	I	II	III
<b>Arranjo</b>	Solar mais auxiliar <input type="checkbox"/>	Somente solar <input type="checkbox"/>	Preaquecimento solar <input type="checkbox"/>
<b>Circulação</b>	Natural ou termossifão <input type="checkbox"/>	Forçada <input type="checkbox"/>	-
<b>Regime</b>	Acumulação <input type="checkbox"/>	Passagem <input type="checkbox"/>	-
<b>Armazenamento</b>	Convencional <input type="checkbox"/>	Acoplado <input type="checkbox"/>	Integrado <input type="checkbox"/>
<b>Alimentação</b>	Exclusiva <input type="checkbox"/>	Não exclusiva <input type="checkbox"/>	-
<b>Alívio pressão</b>	Respiro <input type="checkbox"/>	Conjunto de válvulas <input type="checkbox"/>	-

Esse sistema aquece a água da seguinte quantidade de ambientes:

**a) Com esse Sistema Solar:**

Banheiros: \_\_\_ Piscinas: \_\_\_ Lavanderias: \_\_\_ Cozinhas: \_\_\_  
Outros: \_\_\_ (quais?): \_\_\_\_\_

**b) Com outros Sistemas Solares independentes desse:**

Banheiros: \_\_\_ Piscinas: \_\_\_ Lavanderias: \_\_\_ Cozinhas: \_\_\_  
Outros: \_\_\_ (quais?): \_\_\_\_\_

**c) Total da Casa:**

Banheiros: \_\_\_ Piscinas: \_\_\_ Lavanderias: \_\_\_ Cozinhas: \_\_\_  
Outros: \_\_\_ (quais?): \_\_\_\_\_

Prioridade é do solar sobre o auxiliar

Fração solar: \_\_\_%

Volume do reservatório: \_\_\_Lts.

# Realização técnica...



<b>FASES TÉCNICAS</b>			Para Sistemas <b>atualmente instalados</b> (em uso ou não).	Para Sistemas <b>anteriormente instalados</b> e depois retirados (usados ou não).	PG. 2/5
<b>INSTALAÇÃO</b>			Está instalado há ___ anos e ___ meses.	Esteve instalado por ___ anos e ___ meses.	<b>I N S T A L A Ç Ã O</b>
<b>PROFISSIONAIS QUE ACOMPANHARAM A INSTALAÇÃO E/ OU VERIFICARAM O TRABALHO FINAL</b>	Do setor de vendas ou de fabricação	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor da construção civil	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor de certificação de qualidade	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor de certificação de sustentabilidade	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
<b>DESINSTALAÇÃO</b>				Foi desinstalado há ___ anos e ___ meses.	
<b>PROFISSIONAIS QUE ACOMPANHARAM E/ OU VERIFICARAM O TRABALHO FINAL</b>	Do setor de vendas ou de fabricação	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor da construção civil	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor de certificação de qualidade	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			
	Do setor de certificação de sustentabilidade	Técnico(a)(s)			
		Arquiteto(a)(s)			
		Engenheiro(a)(s)			



# DOCUMENTAÇÃO

Informações entregues pelo(a)s Projetista(s) do Sistema:
Plantas do Sistema
Cortes do Sistema
Vistas do Sistema
Detalhamento do sistema com dimensionamentos e fração solar
Implantação com Norte geográfico/magnético, orientações e inclinações
Interface hidráulica
Interface elétrica
Interface com o Equipamento de Aquecimento auxiliar
Memoriais
Informações escritas sobre o uso e manutenção do equipamento com contatos dos responsáveis
Informações orais sobre o uso e manutenção do equipamento
ARTs de projeto e instalação

OUTROS:

QUAIS: \_\_\_\_\_

PG.  
5/5

# MANUTENÇÃO

Possui:	Subcomponentes do SAS	Função	Frequência de manutenção	Falhas? Quais?
	Coletor solar	Conversão de energia radiante em energia térmica		
	Reservatório térmico	Acumulo da energia térmica na forma de água aquecida		
	Equipamento auxiliar de aquecimento	Suprimento da demanda térmica complementar do SAS		
	Motobomba hidráulica	Promoção da circulação forçada de água através do SAS		
	Controlador diferencial de temperatura	Controle da motobomba hidráulica do sistema de aquecimento solar e eventualmente segurança		
	Sensor de temperatura	Medição da temperatura da água em pontos específicos do SAS		
	Reservatório de expansão	Proteção o sistema contra variação de pressão e expansão volumétrica durante o funcionamento do SAS		
	Válvula de alívio de pressão	Alívio automático de pressão do SAS, caso a pressão máxima seja atingida		
	Válvula de retenção	Impedimento do movimento reverso da água		
	Válvula eliminadora de ar	Permissão da saída de ar do SAS		
	Válvula quebra - vácuo.	Permissão da entrada de ar no SAS para alívio de pressões negativas		
	Dreno	Permissão do escoamento ou drenagem de água do SAS		
	Tubos e conexões	Interconexão dos componentes e transporte de água aquecida		
	Cx. D'água Isolamento Térmico	Minimização de perdas térmicas do SAS		
	Respiro	Equalização das pressões positivas e negativas e permissão da saída de ar e vapor do SAS		

# Resultados...



	Água não esquentada com energia solar		
	Água não esquentada com complementar elétrico ligado		
	Não sai água na torneira de água quente		
	Sai água quente na torneira de água fria		
	Aquecimento excessivo da água		
	Choque nas torneiras		
	Disjuntor não arma		
	OUTROS:		

<sup>72</sup> Defeitos principais do sistema reunidos com base em HELIOTEK (2007)

Houve projeto de anel de recirculação de água?  
Os profissionais informaram da possibilidade?

---

---

Houve troca de equipamentos sanitários com diferentes características após a instalação independentemente do SAS?

---



**Obrigada!**