



METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PROTÓTIPOS DE UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL

Maíra do Lago Francisco (1); Glacir Teresinha Fricke (2)

(1) Aluna do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Francisco.

e-mail: mairaarquitetura@hotmail.com

(2) Professora da Universidade São Francisco, glacir.fricke@saofrancisco.edu.br

RESUMO

Este artigo apresenta a metodologia utilizada para avaliação do Conforto Térmico de protótipos habitacionais de interesse social desenvolvida pela pesquisa de Iniciação Científica, com bolsa da FAPESP, “Avaliação do Conforto Térmico na Habitação de Interesse Social de Protótipos de Concreto Polimérico e Estrutura Metálica”, que teve como objetivo principal avaliar o conforto térmico dos protótipos construídos na Universidade São Francisco, campus de Itatiba/SP; como parte do projeto “Avaliação de Tecnologias para Habitação de Interesse Social”.

ABSTRACT

This work shows a methodology for thermal comfort evaluation developed in the project of Scientific Initiation. The study has been developed according to project “Evaluation of Technologies in the Habitation for Poverty Population. The principal objective is evaluation the thermal confort of Habitation in Concrete and Metallic Structure, constructioned in the Universidade São Francisco, Itatiba/SP.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Geral

Exemplos distanciados entre si e de nossos dias por centenas ou milhares de anos confirmam que a análise do clima e suas relações com a arquitetura não são preocupações recentes (MARAGNO, 2002, p. 4). Já na antiga Grécia o arquiteto, Isomakus, personagem dos Diálogos Socráticos, que, perguntado como deve ser uma casa confortável, responde: “A totalidade da casa deve estar de frente para o sul, e deve ter marquise,... e será insolada no inverno e sombreada no verão”. Também, no período romano, Vitruvius, famoso arquiteto do Império que viveu no primeiro século antes de Cristo, reconhece que as habitações devem ser diferentes para distintos países e climas (CORBELLA, 1983, p. 41). Segundo MARAGNO (MARAGNO apud VITRÚVIO, 2002, p. 4), “VITRÚVIO (1999), na primeira parte de seu tratado *De Architectura Libri Decem* defende que a boa arquitetura está sempre apoiada em três atributos: *firmitas, utilitas et venustas*¹, e defende que o lugar escolhido para edificar uma construção ou uma cidade deve ser salubre e voltada para regiões do céu nem muito quentes nem

¹ Solidez, utilidade e beleza.

muito frias. ALBERTI (1986), já no início de sua obra *De re Aedificatoria*², demonstra preocupações semelhantes evidenciadas no próprio título do segundo capítulo: Da Região, do Clima, do Ar, do Sol e dos Ventos, onde trata das regiões satisfatórias pra se construírem edifícios em relação às influências do clima sobre as pessoas e os edifícios”. (MARAGNO apud ALBERTI, 2002, p. 4).

Segundo COSTA, “as condições climáticas são muito variáveis. Elas dependem essencialmente da localidade, da latitude, da altitude, mas, além disso, elas variam também periodicamente durante o dia e durante o ano. Essas variações seriam bem maiores, não fossem os mecanismos inerciais que a natureza dispõe para amortecê-las. Entre os mecanismos podemos citar: o movimento do ar, o movimento das águas, a evaporação e a condensação, as nuvens, a vegetação e a crosta terrestre”. (COSTA, 1983).

Em relação ao corpo humano, pode-se afirmar que, “quando as trocas de calor entre o corpo humano ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho (...) é máxima. Se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou de calor, é porque nosso organismo está perdendo mais ou menos calor que o necessário...” (FERNANDES & KRÜGER apud FROTA & SCHIFFER, 2000/2001, p.1).

De acordo com as definições sobre conforto térmico abordadas por MARAGNO (2002, p. 6), “a ASHARAE³ define conforto térmico como ***um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa*** (apud GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1994). O projeto de norma técnica em análise no Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT⁴, desde 1998, sobre o desempenho térmico de edificações onde conforto térmico é definido como “[...] a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. XAVIER (1999) especifica que o conforto térmico pode ser estudado sob dois pontos de vista fundamentais: o pessoal e o ambiental sendo que, em relação ao pessoal, FANGER (1972) o define como “[...] sendo uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Esta sua definição pode ser encontrada tanto em textos sobre o assunto, quanto como em referência em muitas normas técnicas em todo o mundo, inclusive as da ASHARAE. Alguns autores como ROHLES (apud Xavier, 1999), advertem que é necessário analisar conjuntamente a temperatura do corpo e as sensações relatadas pelas pessoas, ou seja, a condição do corpo e a condição da mente. Sob o ponto de vista ambiental, o conforto é definido como “[...] o estado térmico para determinado ambiente, com relação às suas variáveis físicas, quando um menor número de pessoas esteja insatisfeito com o mesmo” (MARAGNO apud FANGER 1972, 2002, p. 6).

“Em se tratando de Habitações de Interesse Social, espera-se, por caracterizarem formas de intervenção planejadas, implantadas por técnicos habilitados, desempenho elevado em relação ao Conforto Térmico, no mínimo comparável ao de construções da arquitetura regional. O que possivelmente poderia resultar numa diversidade de tipologias construtivas frente a diversidade climática nacional”. (FERNANDES, L. C. & KRÜGER, E. L.; 2000/2001) Entretanto, “ao avaliar a qualidade dos projetos executados pelos programas habitacionais existentes para a população de baixa renda, é fato reconhecido pelos profissionais que se preocupam com a habitação social que, em geral, a moradia popular no Brasil apresenta sérios problemas de falta de conforto térmico (LABAKI & KOWALTOVSKI, 1995). (...) No Brasil, os programas de habitação popular vêm sendo implementados em território nacional sem haver uma preocupação com especificidades regionais. Assim uma mesma tipologia é adotada em cidades com características muito distintas, sendo desconsideradas as diversidades socioeconômica, cultural, climática e tecnológica entre as diferentes regiões do Brasil, o que resulta em construções de baixa qualidade construtiva que não atendem às necessidades de seus usuários” (MICHALOSKI apud DUMKE, 2002, p. 15).

1.2 Específica

O projeto “AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL” tem por objetivo avaliar o desempenho físico e mecânico de tecnologias destinadas à construção de habitação de interesse social, a partir de um projeto arquitetônico desenvolvido pela equipe de

² Leon Batista Alberti: Manuscrito de 1452, publicado pela primeira vez em 1485.

³ Americal Society of Heating, Refrigerating and air-Conditioning Engineers

⁴ Projeto 02:135.07:1998 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

pesquisadores, que privilegia qualidades espaciais e implantações urbanísticas diversificadas. Até o presente momento foram construídos dois protótipos que foram utilizados nesta pesquisa.

A execução dos protótipos está sendo monitorada pelos professores - pesquisadores dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade, que levantarão informações relativas à racionalização do sistema, custo de material e mão-de-obra, tempo de execução, além das propriedades mecânicas e físicas dos materiais envolvidos. Estas informações, que atualmente podem ser levantadas por poucos laboratórios nacionais, estarão disponíveis de forma clara e imparcial, oferecendo aos interessados (poder público ou iniciativa privada), subsídios para a escolha do processo construtivo mais adequado às necessidades em questão.

Os protótipos de Concreto Polimérico e Estrutura Metálica em estudo sugerem uma nova proposta de habitação popular de interesse social, onde, através desta pesquisa, foi analisado o Conforto Térmico com medições *in-loco* e simulações, através de programas computacionais como o “Arquitrop”.

A pesquisa partiu de um estudo feito sobre o assunto no Brasil e exterior, além de um levantamento sobre a situação das normas técnicas de desempenho térmico das edificações em vários países do mundo. Os parâmetros utilizados para avaliação do conforto térmico dos protótipos em análise, compreendem a elaboração de gráficos com a oscilação diária das variáveis climáticas para as quatro estações do ano e as simulações feitas pelo programa “Arquitrop”, através de gráficos de estimativa da variação horária de temperatura e o de distribuição do fluxo térmico (watt) nos ambientes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O esforço para apresentar soluções eficientes para o déficit habitacional existente no país mostra a necessidade em se redefinir uma política habitacional para a população de baixa renda durante a última década, com diversas pesquisas tratando da avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social no Brasil. De fato, em diversas publicações e congressos nesta área, a avaliação de programas de habitação de baixo custo, além das considerações técnicas e construtivas, vem incluindo também aspectos como a melhoria dos padrões de qualidade (QUALHARINI, 1993), fatores sociais e culturais de se construir para os pobres (SANTOS, 1995; KRÜGER, 1998) e aqueles relacionados à melhoria das condições de conforto térmico no ambiente construído (MASCARÓ & MASCARÓ, 1992; BARBOSA, 1997), (KRUGER, E. L. & LAMBERTS, R.; 2000).

No Brasil, a formulação de uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações tem sido uma preocupação dos pesquisadores. Pode-se citar, dentre outras pesquisas: um método para avaliação do desempenho térmico de edificações, como por exemplo, o Projeto de Norma Técnica sobre Desempenho Térmico de Edificações (UFSC, 2000), Xavier (1999) que, em sua dissertação de Mestrado, analisa situações de conforto térmico de indivíduos em edificações escolares, em atividades sedentárias e AKUTSU *et al* (1987), que propõem um procedimento para avaliação do desempenho térmico de edificações condicionadas e não condicionadas, (MICHALOSKI, A. O.; 2002)

A pesquisa de AKUTSU (AKUTSU *et al*, 1987), acima citada, faz parte de um conjunto de experimentos e pesquisas realizados em São Paulo, como parte de uma preocupação da Divisão de Edificações do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) de São Paulo na formulação de uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações. Dentre os trabalhos que expressam a evolução das pesquisas nessa área, realizadas pelo Instituto, destacam-se: “Conforto: Avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares”, IPT (1981); “Desempenho térmico de edificações escolares: Manual de Procedimento para Avaliação”, AKUTSU *et al* (1987); “Proposta de procedimentos para avaliação de desempenho térmico de edificações condicionadas e não condicionadas”, AKUTSU e VITTORINO (1991a); “Critérios para a definição de níveis de desempenho térmico de edificações”, AKUTSU e VITTORINO (1993); “Método expedito para avaliação do desempenho térmico de habitações”, AKUTSU *et al* (1995b); e “Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares”, AKUTSU *et al* (1995c).

Já no Rio Grande do Sul, experimentos e pesquisas enfocando uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações para habitação de interesse social, foram desenvolvidos através da CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia, de Direito privado, vinculado à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.).

Segundo BARBOSA (1997), na década de 90, ressalta-se os trabalhos da ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), organizando encontros na área de conforto, tais como o ENCAC (Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído) realizado em 1990, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001 e 2003 e o simpósio na área de normatização para o uso racional de energia e para conforto ambiental, realizado em Florianópolis em 1991. Esses encontros vêm fortalecendo o conhecimento na área e promovem a interação entre grupos de pesquisa consolidados com grupos emergentes. O Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, criado em 1992, vem estimulando e facilitando a cooperação em pesquisa da tecnologia da arquitetura, da construção e do desenvolvimento urbano, através de seminários internacionais realizados em São Paulo como o NUTAU 1996 (Tecnologia, Arquitetura e Urbanismo), NUTAU 1998 (Arquitetura e Urbanismo: tecnologias para o século XXI), NUTAU 2000 (Tecnologia e Desenvolvimento), NUTAU 2002 (Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano) e NUTAU 2004 (Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade).

Podem-se destacar ainda, nesses encontros, os trabalhos de ARAÚJO e ARAÚJO (1991), em que relatam a pesquisa com alunos do 2º grau na cidade de Natal – RN, em que foi separada uma amostra de 1110 de um total de 26228 alunos, para responder a um questionário sobre as impressões das condições térmicas do seu ambiente, e RORIZ e BASSO (1991) que estudaram dez métodos que determinam sob quais condições um ambiente se torna termicamente agradável.

2.2 Normas Técnicas

O Brasil está muito perto de deixar de figurar na lista de nações que não possuem normas de Conforto Ambiental para edificações. Dentre as nações que possuem normatização em Conforto Ambiental estão Canadá, França, Reino Unido, Japão, Jamaica, Kuwait, Paquistão, Suécia, EUA, entre outras. Já países como Venezuela, Costa Rica, Bangladesh, Botswana ainda não possuem normatização nesta área.

Os novos textos normativos, pertencentes a um amplo projeto de normatização desenvolvido pela ABNT com apoio do Comitê Brasileiro de Construção Civil (COBRACON), através do subcomitê SC-35, de Conforto e Energia em Edificações, serão referências para que arquitetos, engenheiros, projetistas e planejadores tirem proveito das condições naturais do clima e da iluminação, escolhendo mais criteriosamente materiais e componentes. Em termos de conforto do ambiente construído, o Brasil não contava com uma estrutura normativa. Tinha somente dois textos de referência na área de acústica. Os documentos de desempenho térmico e iluminação natural são, portanto, as primeiras normas brasileiras de conforto ambiental. (Revista Habitare, 2003).

A habitação, definida na própria constituição federal como um dos direitos do cidadão, deve reunir as qualidades minimamente necessárias para que sejam atendidas condições básicas de segurança, saúde, higiene e bem-estar das famílias. Assim sendo, a normalização de desempenho para habitações visa alavancar tecnicamente a qualidade requerida e a oferta de moradias, estabelecendo-se regras claras e objetivas para quem vai desenvolver, quem vai produzir, quem vai financiar quem vai ocupar e manter um imóvel habitacional. Do ponto de vista do setor público, visa-se inclusive equalizar, a nível nacional, os parâmetros que norteiam os investimentos em habitações de interesse social.

Considerando a realidade social, econômica e industrial do país, procurou-se estabelecer os critérios de segurança, dentre eles os de Conforto Térmico. A edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas no projeto de norma 02:135.07-003:1998 – “Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social”. O objetivo desta norma é definir os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional como um todo, e que não podem ser avaliados de forma isolada para um ou mais elementos específicos.⁵

No contexto internacional, a situação em normatização de desempenho térmico e energético de edificações, segundo pesquisa realizada por JANDA e BUSCH, Bangladesh, Brasil, Botswana, Costa Rica, Djibouti e Venezuela não possuem normas de energia para setor algum, sendo que apenas Bangladesh e Costa Rica não têm normas para a construção de edifícios de nenhuma categoria. Já

⁵ Dados retirados do site <http://www.cobracon.org.br>

países como, Canadá, Hong Kong, França, Jamaica, Japão, Kuwait, Nova Zelândia, Paquistão, Filipinas, Cingapura, Suécia, Reino Unido e os Estados Unidos, utilizam normas de energia para a construção aplicável a edifícios não residenciais. Estas normas são consideradas obrigatórias nos países como a Suécia, França, Reino Unido e alguns estados dos Estados Unidos, e em outros países são voluntários como na Austrália, Filipinas e outros estados dos Estados Unidos. No Kwait e Paquistão as normas são nacionais. Entretanto, no Canadá e nos Estados Unidos, elas são aplicadas somente em determinadas regiões ou estados específicos.

3. METODOLOGIA

Durante todo o período de desenvolvimento da pesquisa foram feitas medições no local com os aparelhos da Testo (Termo higrômetro e Termômetro com Anemômetro), buscando levantar o maior número de dados possíveis para diferentes condições dos dias distribuídos pelos meses e estações do ano decorrentes deste período anual da pesquisa. Através de tabelas contendo dados diários de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento de ambientes internos e externos, foram feitas simulações de desempenho térmico através do programa computacional “Arquitrop”. Este programa proporcionou subsídios para que fosse feita a análise do desempenho térmico das unidades habitacionais através de gráficos e tabelas que apresentaram de maneira sistematizada, recomendações para projeto (MÉTODO MAHONEY ADAPT.) e banco de dados climáticos para a cidade de Campinas (Viracopos) por ser a localidade que mais se aproxima da cidade de Itatiba com latitude de 23°00’, longitude de 47°08’ e altitude de 648 m, além de gráficos de estimativa horária de temperaturas e de distribuição do fluxo térmico (watt) no ambiente. O programa “Arquitrop”, apesar de limitar-se a cálculos diários, foi uma das formas utilizadas para o desenvolvimento desta análise.

Na **Fase 1**, ou seja durante o período que compreende os meses a partir de agosto de 2003 a março de 2004, as medições *in loco* foram realizadas com uma metodologia que previa a coleta de dados climáticos, de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), em pontos específicos em todos os cômodos dos dois protótipos em variados horários do dia, períodos matinal e vespertino. Os ambientes sofriam interferências de deslocamento do ar externo, pois seus caixilhos se mantinham abertos durante a coleta de dados.

Na **Fase 2**, observou-se a recomendação do parecer ao Relatório de Iniciação Científica, recebido pela FAPESP, para que as medições *in loco* fossem realizadas em um ambiente específico de cada protótipo analisado. Os ambientes indicados, para uma possível comparação, de acordo com sua implantação, seriam: o ambiente 3, do protótipo de Estrutura Metálica, e o ambiente 4, do protótipo de concreto polimérico. Entretanto, só seria possível aplicar um método comparativo se, e somente se, os dados das medições fossem coletados no período da manhã, pois à tarde estes ambientes recebem uma insolação diferenciada. Desta forma, os aparelhos deveriam estar instalados um em cada ambiente fazendo leituras a cada hora do período matinal. Mais especificamente, o termômetro com anemômetro permaneceria no ambiente externo, à sombra, e os demais aparelhos deveriam permanecer fixos, um em cada um dos ambientes acima definidos. Durante as medições, todas as aberturas (portas e janelas) dos ambientes analisados deveriam permanecer fechadas, somente sendo abertas, e rapidamente, para entrada e saída de quem estivesse fazendo as medições. Desta forma, evitaria a insolação diferenciada dos ambientes, já que os mesmos possuem janelas de diferentes orientações, assim como a circulação diferenciada de ar entre os ambientes, já que as plantas são diferenciadas.

4. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS DE ESTUDO

4.1 Protótipo de Concreto Polimérico

A habitação de interesse social foi construída com 51 m². O processo de construção do protótipo de concreto celular polimerizado utiliza uma laje tipo “radier” como solução para as fundações. O lançamento do concreto ocorreu já com as instalações elétricas, hidráulicas e armaduras fixadas nas formas. As paredes foram executadas em concreto de baixa densidade, polimerizado, produzido por agitação mecânica pelo balão de concreto de forma a incorporar partículas de ar ao concreto. A

mistura provém dos agregados pedra e areia, cimento portland, água, polímeros (Metapop) e fibras de polipropileno. Os componentes da construção, do protótipo de Concreto Polimérico, são os seguintes:

- Cobertura: Telha cerâmica de cor avermelhada, com espessura na faixa de 8 a 10 mm. O sistema estrutural utilizado foi o de madeira e o comprimento do beiral é de 0,60m.

- Forro: Laje mista composta por capa e vigotas em concreto simples pré-fabricadas, com enchimento de EPS (isopor) e espessura de 10cm.

- Paredes: Paredes constituídas por um concreto de baixa densidade, polimerizado com espessura de 15cm e modeladas a partir do preenchimento de fôrmas plásticas pré-dimensionadas para o projeto. O revestimento das paredes consiste na aplicação simples de uma camada de revestimento rústico (chapisco) e reboco. As faces das paredes internas possuem pintura em cor branca, enquanto as faces das paredes externas possuem coloração diferenciada. As faces da vista posterior e lateral esquerda apresentam cor branca e as faces da vista frontal e lateral direita coloração amarelada. Ver foto do protótipo, figura 1.

- Esquadrias: Os quartos possuem janelas do tipo veneziana em chapas de ferro. As portas da cozinha e da sala que permitem a comunicação com o exterior possuem caixilharia metálica. Na cozinha e no banheiro as janelas são do tipo basculantes e na sala a janela é de correr, com vedação envidraçada.

4.2 Protótipo de Estrutura Metálica

Este protótipo de 38 m² possui laje de fundação tipo “radier”, estrutura metálica e vedação em blocos de sical. A descrição dos elementos construtivos desta edificação está discriminada abaixo: Cobertura: Assim como no protótipo de Concreto Polimérico, a cobertura é composta por telha cerâmica de cor avermelhada, estrutura simples de madeira e inclinação em duas águas independentes. O comprimento do beiral é de 0,60m.

- Forro: Este protótipo não possui forro interno.

- Paredes: As paredes de vedação são compostas por blocos de sical. O revestimento das paredes consiste na aplicação simples de uma camada de revestimento rústico (chapisco). As faces das paredes internas possuem pintura em cor branca, enquanto as faces das paredes externas possuem coloração esverdeada.

- Estrutura: Estrutura metálica em perfis pré-fabricados tendo como parâmetro o dimensionamento da obra; como podem ser ilustrada pela foto, figura 2.

-Esquadrias: Os quartos possuem janelas do tipo veneziana em chapas de ferro. Na cozinha e no banheiro as janelas são do tipo basculantes, com vedação envidraçada.



Figura 1: Vista Frontal do protótipo de Concreto Polimérico. Foto autora, 16/05/2004



Figura 2: Vista Posterior do protótipo de Estrutura Metálica. Foto autora, 16/05/2004.

4.3 Implantação das Unidades Habitacionais

A implantação das unidades habitacionais de interesse social está inserida no campus da Universidade São Francisco, em Itatiba/SP. Esta cidade possui clima temperado com temperaturas oscilando entre 18°C e 25°C; a média anual é de 20,6°C, ventos predominantes provenientes da orientação sul. Suas coordenadas geográficas possuem orientação S23°01'00'' para latitude e WGr.46°50'00'' para longitude. Altitude média de 760,00m; altitude máxima de pontos do perímetro urbano de 785,00. O

relevo é acidentado, formado principalmente pela Serra da Jurema, com solo massapé, em sua maioria (City Brasil/ Portal Itatiba).

A implantação mostra a localização dos dois protótipos analisados, figura 3.

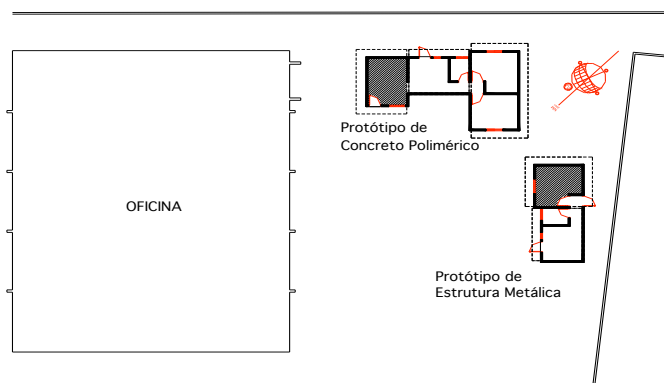


Figura 3: Implantação das Unidades Habitacionais em estudo. Fonte: LAB-ARQ /USF.

5. LOCAL ESPECÍFICO DAS MEDIÇÕES

As figuras abaixo apresentam os locais específicos de realização das medições *in loco* nos ambientes internos dos protótipos de Concreto Polimérico e Estrutura Metálica.

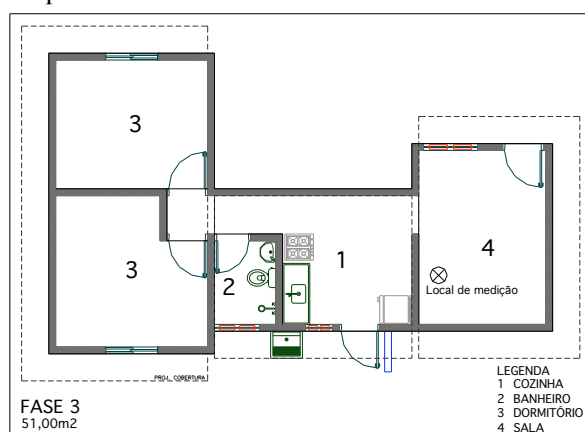


Figura 4: Planta arquitetônica do Protótipo de Concreto Polimérico com destaque para o local de medição. Fonte: LAB-ARQ /USF.

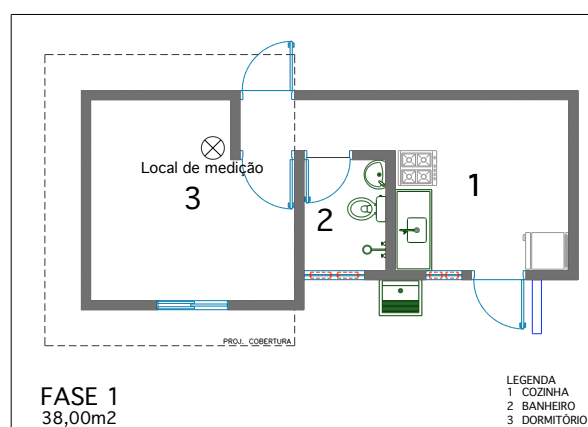


Figura 5: Planta arquitetônica do Protótipo de Estrutura Metálica com destaque para o local de medição. Fonte: LAB-ARQ /USF.

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Medições “in loco” – resultados obtidos para inverno e verão

As medições de inverno foram feitas no ano de 2003, início da pesquisa. Os valores de temperatura variaram entre 15,4°C (protótipos de Concreto Polimérico e Estrutura Metálica) e 28,2°C (dado externo). A variação dos dados registrados pela umidade relativa do ar apresentou valores mínimos como 19,8% (dado externo) e máximos como 77,5% (dado externo). Observa-se, portanto, que os valores das duas variáveis climáticas atingiram valores mínimos e máximos que caracterizaram dia quente com umidade muito baixa (20.08.03), dia frio com umidade muito alta (05.07.03) e dia frio e seco (08.08.03). As medições do mês de agosto insinuam uma certa proporcionalidade, com pontos de umidade que por hora se aproximam (27.08.03) e em outros momentos se distanciam (20 e 25 de agosto de 2003) dos pontos representados pelas temperaturas médias. Os resultados obtidos forneceram gráficos de variação diária de temperatura e umidade relativa médias específicas para cada estação climática, onde conclui-se que, na Fase 2, apesar do protótipo de estrutura metálica, com vedação em blocos de sical, não possuir forro como componente construtivo para isolamento térmico, apresentou resultados relativamente próximos aos registrados pelo protótipo de concreto polimérico e ambiente externo.

Nas medições de verão as temperaturas médias variaram entre 23,9°C (Dados dos protótipos e ambiente externo) e 35,6°C (Dado externo). As umidades relativas do ar médias apresentaram índices baixos na maioria dos dias medidos nesta estação, entretanto, em dois dias a porcentagem de umidade ultrapassou o limite médio de 50%, como ocorreu nos dias 07.02.04 (62,7% - protótipo de Estrutura Metálica) e 15.03.04 (55% - protótipo de Concreto Polimérico). No dia 16.03.04, o comportamento da linha que representa a umidade relativa do ar do protótipo de Concreto Polimérico (61,5%) distanciou-se inversamente dos pontos que representam a umidade do protótipo de Metálica (36,2%) e do ambiente externo (29,7%).

Em geral, os protótipos alcançaram um certo grau de isolamento térmico em relação às altas temperaturas registradas no ambiente externo, pois as linhas que representam os protótipos se mantiveram sempre abaixo da linha da temperatura média externa, com exceção do dia 07.02.04 que registrou as temperaturas mais baixas da estação e também houve uma aproximação e equivalência nos valores de temperatura e umidade. Neste dia as medições foram feitas pela manhã e os aparelhos estavam em contato com a radiação solar direta.

6.2 Resultados das Simulações no Arquitrop – no inverno e no verão

A variação das temperaturas, referente ao **protótipo de estrutura metálica** simulado para o dia típico 21 de junho, solstício de Inverno, ficou entre 15°C e 29°C aproximadamente. Durante o período do dia que compreende entre 00 hs às 08 hs, a temperatura exterior média apresentou índices baixos. Entre 09 hs e 10 hs, as temperaturas se aproximaram, isto significa que a temperatura interior e exterior média apresentaram valores relativamente próximos. Já entre 10 hs e 15 hs, o ambiente interior do protótipo analisado, apresentou temperatura (29°C), mais altos que os representados pela temperatura exterior média (máxima de 24°C). A partir das 16 hs, os valores voltaram a se aproximar apresentando valores de temperatura equivalentes.

Para o solstício de Verão, o gráfico apresentou uma diferenciação ainda maior. A temperatura interior variou entre 23°C e 39°C e a temperatura média exterior entre 18°C e 28°C. A maior variação acontece às 12 hs, quase 9°C de diferença entre as variáveis.

De maneira geral, na análise dos gráficos que representam a distribuição do fluxo térmico (watt) no ambiente do protótipo de estrutura metálica, a condicionante que contribuiu para as maiores oscilações foi a cobertura, principalmente no período mais quente do dia. O vento, os vidros e as fachadas tiveram significativa contribuição para os resultados.

No protótipo de concreto polimérico, a temperatura média exterior e temperatura interior, apresentaram resultados contrários àqueles observados para o protótipo de estrutura metálica.

No gráfico do dia 21 de junho, solstício de Inverno, caracterizou-se como o período em que as oscilações foram maiores durante o trecho das 00hs às 08 hs. A partir deste momento, as linhas se aproximaram e caminharam juntas das 09 hs às 15 hs. Para o restante do dia, a temperatura média

exterior permaneceu mais baixa com diferenças de até 2°C. Neste caso, a temperatura média exterior variou de 12°C à 24°C e a interior entre 16°C e 24°C.

Os resultados obtidos com a simulação para o dia 21 de dezembro, solstício de Verão, caracterizam quatro momentos distintos. Das 00 hs às 09 hs, a temperatura interior variou apenas de 23°C à 24°C e a temperatura média exterior oscilou em até 6°C de diferença entre a variável já citada, com limites que variaram entre 18°C à 22°C. No segundo momento, das 09 hs às 11 hs, as linhas se aproximaram e, portanto, a diferença entre as variáveis foi mínima. A partir das 12 hs até as 15 hs, a temperatura exterior média se manteve sutilmente mais alta. E concluindo os momentos, das 16 hs em diante a temperatura interior voltou a ser mais alta.

3 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Segundo os resultados obtidos através das tabelas e gráficos das medições in loco, conclui-se que as estações não são perfeitamente definidas, por exemplo, no Verão, o índice de umidade relativa do ar oscilou muito, sendo que na estação de Inverno esta oscilação foi ainda maior. E quanto às temperaturas médias, nessas duas estações, foram registrados dias quentes e dias frios.

Dentre os dias em que as condições climáticas foram mais extremas, dias muito frios ou muito quentes, independente da estação climática, os protótipos apresentaram desempenho térmico melhor nos dias mais quentes. Nos dias mais frios, registrados pela estação de Outono e Inverno, as variáveis climáticas, medidas no interior dos protótipos, em alguns casos, apresentaram valores de temperatura média mais baixos que os registrados no ambiente externo.

Quanto às simulações feitas pelo programa computacional “Arquitrop”, as diferenças que mais influenciaram as análises feitas anteriormente, foram os componentes construtivos e a implantação dos protótipos em relação ao Norte. O protótipo de Concreto Polimérico apresentou melhores resultados por possuir forro misto de concreto e preenchimento em EPS e também por causa da coloração clara ou branca das faces externas. O protótipo de estrutura metálica não possui forro e apresenta coloração das faces externas consideradas de nível médio pelo programa “Arquitrop”.

Outro fator que influenciou, de maneira significativa, os resultados dos gráficos, foi a análise da presença de vidros nas fachadas dos dois protótipos. No protótipo de concreto polimérico, as fachadas leste e oeste apresentam as maiores áreas envidraçadas em m₂, por isso, as maiores oscilações registradas nos gráficos desta unidade habitacional, influenciadas por este condicionante, ocorreram nos primeiros horários dos dias analisados e também nos horários da tarde. Já no protótipo de estrutura metálica, a única face que apresenta vidros, é a face norte, portanto a face que recebe insolação na maior parte do dia, entretanto a área em m₂ envidraçada é relativamente pequena.

Para o programa computacional utilizado, o fator que realmente diferenciou os resultados obtidos para cada protótipo foi a cobertura. Se o protótipo de estrutura metálica possuísse forro, melhoraria muito seu desempenho térmico.

7. CONCLUSÃO

Concluindo, em relação à estimativa de variação horária das temperaturas dos protótipos analisados, o de estrutura metálica não apresentou desempenho térmico satisfatório nos horários mais quentes registrados pela temperatura média exterior, enquanto o de concreto polimérico conseguiu ao menos igualar e até mesmo diminuir a temperatura em seu ambiente interno. Já nos horários mais frios dos dias analisados, o protótipo de concreto polimérico apresentou resultados melhores com a conservação de temperaturas mais altas em seu interior se comparadas às registradas no ambiente externo.

Pode-se concluir que apesar dos protótipos exercerem certo tipo de isolamento, nos dias em que foram registradas condições climáticas mais extremas, não atingiram o objetivo final que seria a busca por condições que mais satisfaçam o usuário com relação às suas sensações térmicas.

Portanto para que a proposta de unidades habitacionais alternativas construídas em concreto polimérico ou em estrutura metálica com vedação em blocos de sical fosse viável, baseada em análise de conforto térmico, considerando as condições de clima locais, seu entorno, implantação e uso específico, necessitaria de intervenções que amenizariam o desconforto térmico e aproximaria a temperatura interna da zona de conforto, seriam elas: a) Alternativas que permitam ora a ventilação cruzada e intensa, ora a possibilidade de fechamento hermético das aberturas para barrar eventuais

ventos frios. b) A proteção das aberturas deve ser móvel o suficiente para possibilitar a penetração da radiação solar, quando desejável. c) Tanto a forma externa quanto o entorno das construções devem incorporar soluções que visem a atender às necessidades de insolação em relação às características dos rigores climáticos locais. d) Usar a vegetação como regulador de temperatura

Detalhes sobre este trabalho pode ser encontrado no relatório final apresentado à Fapesp.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M. P.; CARNEIRO, C. de M.; BARING, J. G. de A. (1986) **Implantação de conjuntos habitacionais. Recomendações para adequação climática e acústica**. São Paulo: IPT.
- ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (1993) **Anais do I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Gramado, RS.
- CORBELLA, O. D. (1985). **Arquitetura Bioclimática ou de Baixo Consumo Energético. Uma Proposta para Trabalhar com a Realidade**; In Seminário da Arquitetura Bioclimática, SP, CESP, p. 41.
- COSTA, E. C.(1985).. **Arquitetura Ecológica**; In Seminário da Arquitetura Bioclimática, Trabalhos, SP, CESP, p. 57.
- FANGER, P.O. (1970) **Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering**, Danish Technical Press, Copenhagen.
- FERNANDES, L. C. & KRÜGER, E. L.(2000/2001) **Equações Preditivas na Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações de Interesse Social**, programa de pós graduação em tecnologia, semana de tecnologia, p. 1, Curitiba
- FRICKE, G.T.(1999) **Um estudo sobre projeto bioclimático e conservação de energia**. Tese de Doutorado, Planejamento de Sistemas Energéticos, FEM/Unicamp,
- FRICKE, G.T(2000) **Modificações no projeto e escolha dos materiais proporcionam conforto ambiental com redução no consumo de energia**. Anais do NUTAU'2000, Salvador.
- FROTA, A.A. & SCHIFFER, S.(1988). **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo, Nobel.
- GIVONI, B. (1969) **Man, Climate and Architecture**, Elviesier, Amsterdam.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1982) **Avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo.
- KRÜGER, E. L. & LAMBERTS, R (2000) **Avaliação de Desempenho Térmico de Casas Populares ENTAC 2000**, VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Salvador.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, D.R.(1997). **Eficiência Energética na arquitetura**. PW editores.
- MARAGNO, G. V.(2002). **Adequação Bioclimática da Arquitetura de Mato Grosso do Sul**. Ensaios e Ciência, Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal; Campo Grande.
- MASCARÓ, L.(1991)**Energia na Edificação**, Projeto Editores Associados Ltda., São Paulo.
- MICHALOSKI, E. L. & LAMBERTS, R.(2002) **Avaliação de Desempenho Térmico por Meio de Simulação Computacional de Habitações Populares implantadas na Vila Tecnológica de Curitiba**; dissertação de mestrado, p. 15, Curitiba.
- NUTAU' 96 (1996) **Anais do seminário Internacional**, FAU/USP. São Paulo, SP.
- OLGYAY, V.(1998). **Architectura y Clima**, Barcelona, Editora Gustavo Gili.
- RIVERO, R. (1985) **Arquitetura e Clima**. Porto Alegre. Luzzatto, 1985.
- ROMERO, M. A. B.(1988) **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**, Projeto Editores Associados Ltda., São Paulo.
- SATLER, M.A & SILVA, H. da C., (ed.). (1995) **Anais do III Encontro Nacional e I Encontro latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**. Gramado, RS.
- SERRA, R. (1999) **Arquitetura y Climas**. Editorial Gustavo Gili, AS. Barcelona.
- SILVA, A. C. S. B.; SATLER, M. A. & LAMBERTS, R. (1995) **Zoneamento Bioclimático Brasileiro para fins de Edificação**, ENCAC95, Gramado – RS.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Universidade São Francisco e à Fapesp pelas bolsas de IC que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa.