

HABITAÇÃO ECONÔMICA BIOCLIMÁTICA DE SOLO-CIMENTO PARA A REGIÃO DE CURITIBA, PARANÁ.

Espartano Tadeu da Fonseca

As estatísticas, mesmo caóticas, comprovam que a necessidade de moradias, em especial as chamadas habitações populares, cresce em todos os países. No Brasil, a demanda avoluma-se de forma geométrica em relação ao número de moradias econômicas que estão sendo construídas. No Estado do Paraná, em particular, a situação torna-se ainda mais complexa, uma vez que, além das dificuldades econômicas e da falta de recursos para o atendimento à demanda habitacional, pode-se detectar um problema específico: a necessidade de adequação ambiental e cultural do tipo de habitação às diversas regiões do Estado. Diante desta realidade e como forma de contribuir com a comunidade científica ligada ao tema, desenvolvemos o projeto e a edificação de uma Habitação Econômica Bioclimática de Solo-Cimento, adaptada à região de Curitiba. Monitorada e avaliada do ponto de vista técnico-construtivo, no grau de conforto térmico e na adequação do modelo proposto às expectativas de possíveis usuários, a experiência tinha como beneficiários imediatos os estudantes e professores das áreas de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pelo seu caráter didático, e como beneficiários finais, as camadas mais carentes da sociedade, ansiosas por usufruir de melhor qualidade de vida.

Ilustração de abertura

Oscar Niemeyer: estudo de um sistema de ventilação. In: PAPANAKI, Stamo. *Oscar Niemeyer: works in progress*. New York: Reinhold, 1956.

Análise do clima de Curitiba e região direcionada ao uso da arquitetura bioclimática.

Os estudos e análises efetuados na primeira etapa do trabalho, definiram, de uma maneira geral, não somente o clima da região de Curitiba, mas também as necessidades *bioclimáticas*¹ das habitações locais.

Na região de Curitiba faz-se necessário armazenar o calor solar através de formas de conversão passiva da radiação solar durante todo o ano, inclusive no período do verão, pois mesmo nesta época existe uma relativa queda de temperatura durante a noite.

Os ganhos diretos obtidos pela correta orientação das aberturas (janelas), somados a uma boa inércia térmica das paredes, leste, oeste e norte, podem ajudar a manter os espaços internos da edificação dentro da chamada *zona de conforto*².

O correto aproveitamento da ventilação natural no período do verão (ventos dominantes) e da vegetação existente nas áreas circunvizinhas ao sítio de implantação das unidades habitacionais (efeito barreira), são outros recursos que contribuem para a qualidade do edifício.

Na realidade, a ventilação natural é um dos recursos mais eficazes para serem utilizados na bioclimatização das edificações na região de Curitiba, com ênfase para o controle da umidade do ar dos ambientes internos, que tende a complicar a qualidade do conforto ambiental das habitações principalmente no verão. Entretanto, seja qual for a forma adotada para a utilização da ventilação natural, a mesma deve ser bem analisada para que não provoque a queda da temperatura no inverno (influência negativa).

A solução é tratar a ventilação natural conjuntamente com a *inércia térmica*³ das paredes, permitindo um controle da ventilação interna dos ambientes e privilegiando o ganho de calor por condução/radiação durante o período da noite. É neste período que o calor acumulado nas paredes com boa inércia térmica de orientação oeste transfere-se para o interior dos cômodos, mantendo a temperatura interna superior à externa e dentro da *zona de conforto*.

É importante lembrar que a inércia térmica é de fundamental importância para a estabilização das condições internas dos ambientes face à variação do clima e da amplitude das temperaturas durante o dia (24 horas).

O chamado *efeito estufa*⁴ também pode ser explorado no período de inverno, com o uso de janelas adequadamente orientadas, que por si só constituem excelentes coletores

¹ Metodologia de projeto, na qual associam-se elementos naturais (sol, vento e vegetação), materiais naturais locais (terra, pedra e madeira), ou compatíveis com a região, e técnicas construtivas conhecidas e tradicionais, para a climatização e melhoria do conforto térmico dos ambientes construídos.

² Os irmãos Olgyay são os autores de uma representação gráfica que introduz na análise da *zona de conforto* os seguintes elementos: velocidade do ar, quantidade de radiação direta, umidade relativa do ar e ocultação das aberturas (condições termohigrométricas).

³ A inércia térmica é diretamente proporcional à massa e ao peso dos materiais que compõem a edificação. Quanto maior a inércia térmica, maior o tempo das trocas de temperatura, principalmente a migração de calor do meio de maior temperatura para o de menor, permitindo a diminuição da variação de climatização dos ambientes.

⁴ Efeito ocasionado pela transparência seletiva de certos materiais, como o vidro por exemplo, que não bloqueiam os raios solares de curto comprimento de onda que o atravessam sem alteração e que, quando irradiados como calor para o meio, apresentam-se com comprimento de onda longo, não atravessando o vidro. Com isso, há um gradativo aumento de temperatura do ambiente fechado.

planos habitados. No verão, com o devido cuidado, é possível criar zonas com diferença de pressão (sucção), por deslocamento natural de ar quente em aberturas corretamente instaladas, forçando assim o deslocamento do ar fresco existente nas faces sombreadas do edifício.

Com a imprescindível ajuda dos gráficos do movimento aparente do sol, podemos definir as épocas do ano durante as quais o sol (radiação direta) deverá entrar nos ambientes pelas aberturas ou janelas, permitindo o ganho de radiação no inverno, ou ainda criar proteções de beirais que poderão bloquear a radiação solar e o ganho direto no período de verão.

Em tese, boas orientações para os ambientes internos, segundo o seu uso para a região de Curitiba, são as seguintes:

- a) uso ou permanência prolongada durante o dia (copa ou estar), orientação este (E) ou norte (N), e oeste (O) para copa quando destinada ao uso para o início da noite;
- b) uso ou permanência prolongada durante a noite (quartos/estar íntimo), orientação oeste (O) ou noroeste (NO);
- c) uso ou permanência temporária (cozinha ou serviço), orientação sudoeste (SO);
- d) uso ou permanência transitória (instalações sanitárias), orientação sul (S) ou sudeste (SE).

Muitas outras deduções complementares poderão ser obtidas e sobrepostas a partir dos resultados alcançados com a análise detalhada do clima da região de Curitiba. Entretanto, consideramos as deduções apresentadas como as principais para as configurações básicas no processo executivo de novas propostas de habitações bioclimáticas.

Fica evidente que se deve considerar a dinâmica evolutiva dos climas regionais e suas variações sutis, que são decorrentes de muitos fatores impossíveis de analisar sem o auxílio de equipamentos sofisticados de alta tecnologia, e que requerem um monitoramento longo e difícil, na maioria das vezes distante da nossa realidade econômica. Tais dificuldades, de forma alguma, devem ser impeditivas ao lançamento de novos conceitos metodológicos de trabalho que visem melhorar a qualidade de habitabilidade do espaço construído, observando o equilíbrio com o meio ambiente e a realidade social e cultural, além de serem economicamente viáveis e tecnicamente simplificados, portanto, passíveis de assimilação pelos que os utilizam.

Tabela 1: Mapa Climático de Curitiba, Paraná.

		UNIDADE	1 JAN	2 FEV	3 MAR	4 ABR	5 MAI	6 JUN	7 JUL	8 AGO	9 SET	10 OUT	11 NOV	12 DEZ	MÉDIA ANUAL	ELEMENTOS
TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA		°C	34,6	33,9	32,4	30,6	27,5	26,0	26,4	30,4	32,2	32,4	33,1	32	34,6	⊕
TEMPERATURA MÉDIA DAS MÁXIMAS		°C	26,3	20	26	22,5	20,2	19,1	18,9	21,2	21,8	22,5	24	25	22,2	⊕ ⊕ ⊕ ⊖ ⊖ ⊖
TEMPERATURA MÉDIA		°C	20,4	20	19,3	16,6	14,4	13	12,7	14	15,2	16,2	18	19,1	16,6	⊕ ⊖ ⊕ ⊖ ⊕ ⊖
TEMPERATURA MÉDIA DAS MÍNIMAS		°C	16,2	16,1	15,4	12,5	9,5	8,7	7,4	9,1	10,7	12,9	13,4	14,8	12,2	⊖ ⊕ ⊖ ⊖ ⊖
TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA		°C	8,4	10,4	7,2	0,8	-3,6	-6,3	-3,5	-5,4	0,8	4,3	7,3	8,3	2,4	⊖
UMIDADE RELATIVA		%	82,5	83	84,5	83,5	81,2	83	81,2	80,2	78,7	80,1	79,5	80	81,5	☔☔☔☔
PRECIPITAÇÃO		MM.	188	173	127	82	88	102	87	87	127	129	162	149	124,2	
PRESSÃO ATMOSFÉRICA		M.bar	901	908	909	910	911	912	913	912	911	909	907	907	909	
DURAÇÃO MÉDIA DO DIA		Hora	13h23'	12h49'	12h07'	11h22'	10h45'	10h26'	10h35'	11h07'	11h49'	12h34'	13h13'	13h33'	12h02'	
HORAS DE SOL		Hora	5,2	5,6	4,9	5,8	6,2	6,3	7,1	6,5	5,9	5,0	5,4	5,3	5,75	
NEBULOSIDADE		---	8,1	8,3	8,5	7,5	6,8	6,9	5,9	6,4	7,4	8,4	8,0	7,9	7,5	
INSOLAÇÃO NO ZENITE	Piano horiz. médio	W/M²	645	627	488	416	282	253	266	317	462	518	641	647	463,5	
	Insol. máx. possível	W/M²	995	988	968	927	876	848	862	909	954	983	994	996	941,6	
DECLINAÇÃO MÉDIA		Graus	-20,8	-12,7	-1,9	9,9	18,9	23,1	21,3	13,7	3,0	-8,8	-18,4	-23,0		
CONSTANTE SOLAR (I ₀)		W/M²	1425	1410	1390	1365	1365	1335	1340	1350	1370	1335	1415	1425	1380	

O projeto de uma habitação econômica bioclimática de solo-cimento.

A partir dos estudos e pesquisas efetuados sobre o clima e sobre as técnicas construtivas de solo-cimento, propusemos um modelo de habitação econômica ou popular que utiliza essencialmente os recursos do bioclimatismo ou “arquitetura solar”, como preferem alguns autores, associados às técnicas do sistema alternativo de construção em terra ou simplesmente solo-cimento.

Procuramos levar em conta, na elaboração destes projetos, todos os fatores do clima e do meio ambiente da região; consideramos ainda, o tipo de habitação tradicional da população e as técnicas de construção local, os aspectos sócio-culturais, econômicos e o perfil do usuário.

Nos preocupamos em propor um tipo de solução técnica de construção que, apesar de ser complexa na sua concepção, e com tantas variáveis a serem consideradas, fosse de fácil compreensão para qualquer pessoa, capaz de ser assimilada por todos aqueles que viessem a participar da sua execução ou que acompanhassem o desenvolvimento das obras no local de implantação.

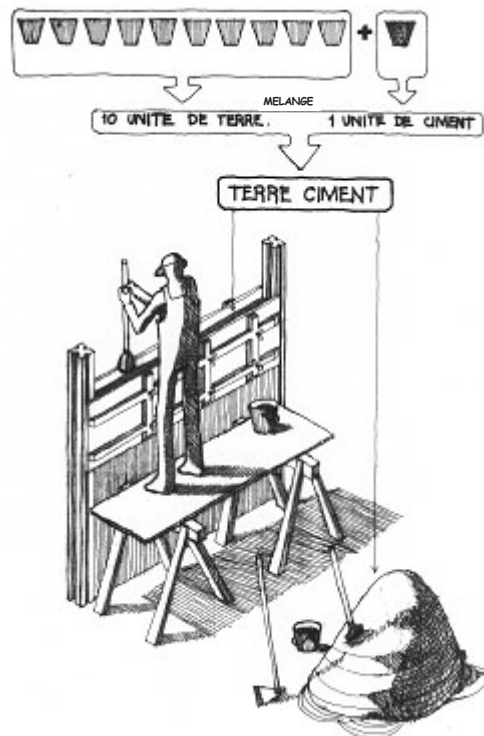
Adotamos uma modulação na planta baixa de 1,50 m (um metro e cinqüenta centímetros), de eixo a eixo, e os espaços foram distribuídos com base nos costumes e hábitos das populações locais.

Buscamos criar espaços internos capazes de serem modificados, ampliados ou adaptados para outras funções, o que se torna possível graças à versatilidade da técnica construtiva adotada – o solo-cimento em paredes *monolíticas*⁵. Esta sistemática permite às populações que irão habitar as edificações, participarem da construção através do sistema de autoconstrução ou do sistema mutirão.

Os habitantes poderão realizar também ampliações ou modificações nas edificações sem dependerem de um sistema comercial ou industrial de construção, constituindo-se em uma técnica democrática, livre da monopolização do conhecimento ou da dependência financeira de grupos econômicos.

Apresentamos a seguir algumas figuras (desenhos esquemáticos) e fotografias, que demonstram as principais características técnicas do projeto e suas vantagens como solução integrada de fácil assimilação, praticidade, baixo custo e adaptabilidade ao meio ambiente natural.

⁵ Paredes ou painéis executados com material homogêneo distribuído em toda a sua superfície, constituindo-se um único bloco, ou ainda, técnica que não utiliza tijolos ou partes menores de alvenaria para assentamento na constituição dos painéis.

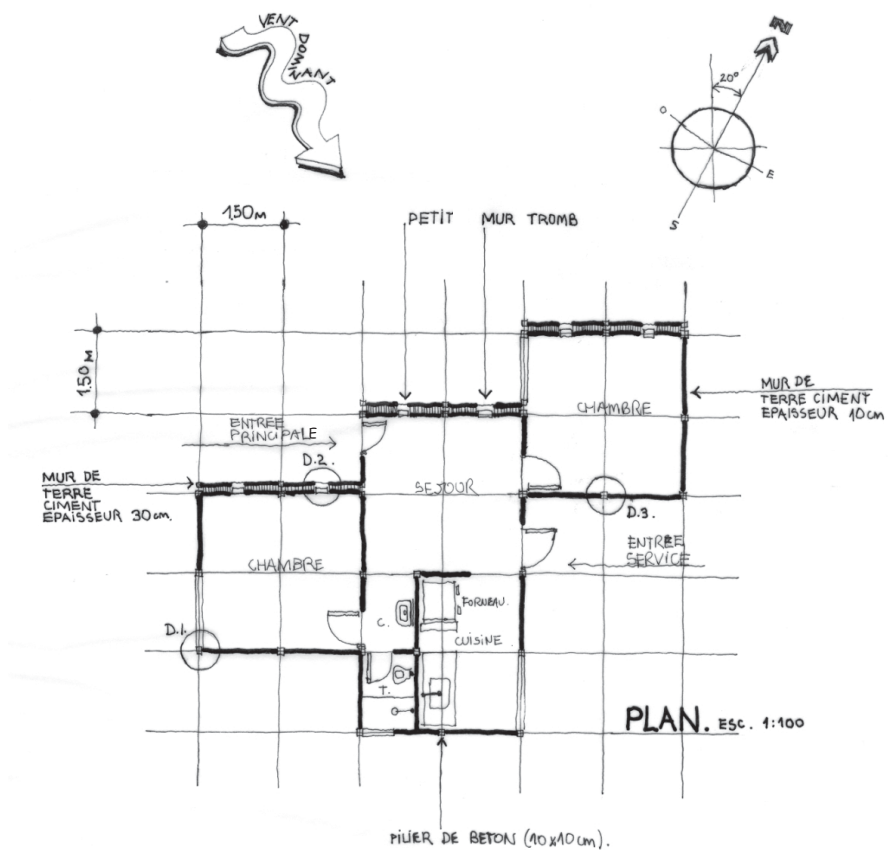


Mistura de terra com cimento, proporção 10 para 1. Execução da parede por apiloamento de solo-cimento.

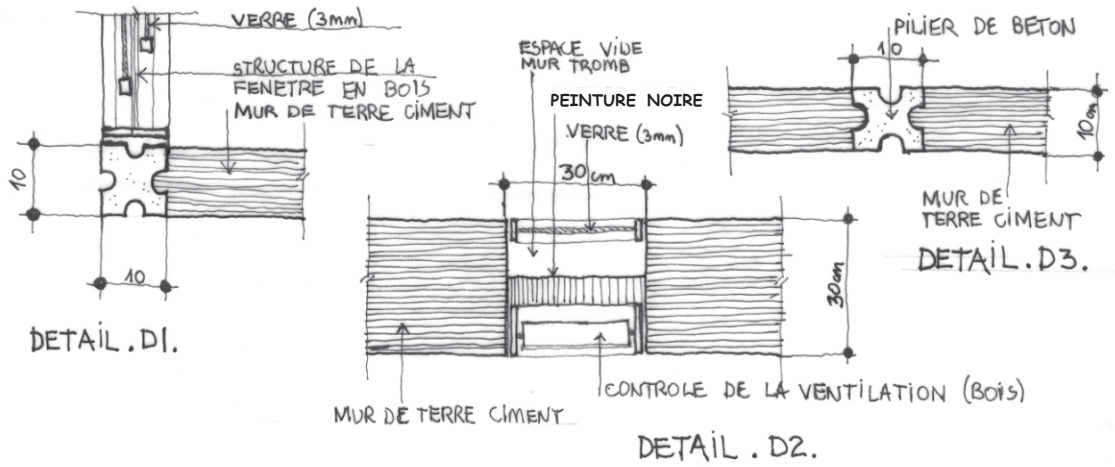


Execução das paredes da habitação bioclimática pelos estudantes da PUC/PR.

Detalhe da forma e sua fixação no pilar pré-moldado de concreto.

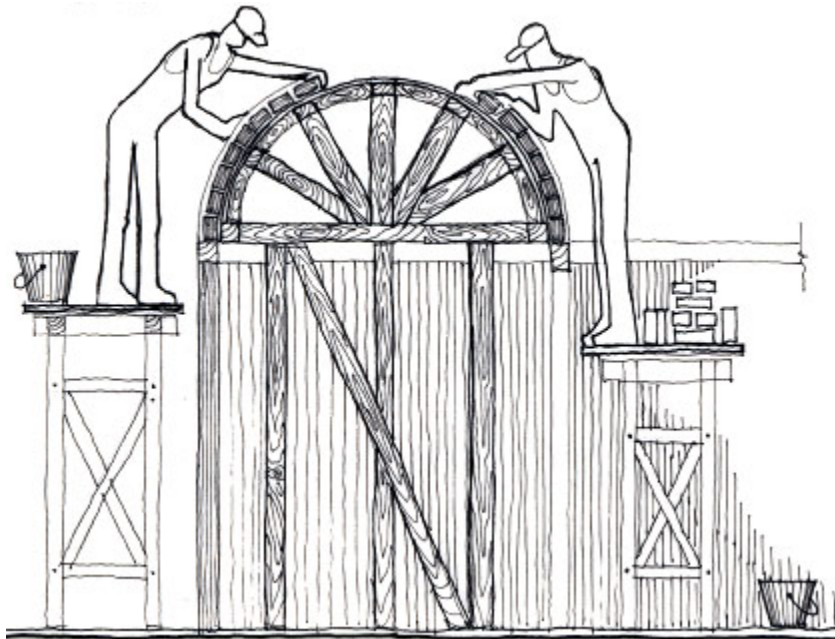


Planta esquemática de 36 m², modulada, com dois quartos, copa, cozinha e banheiro.

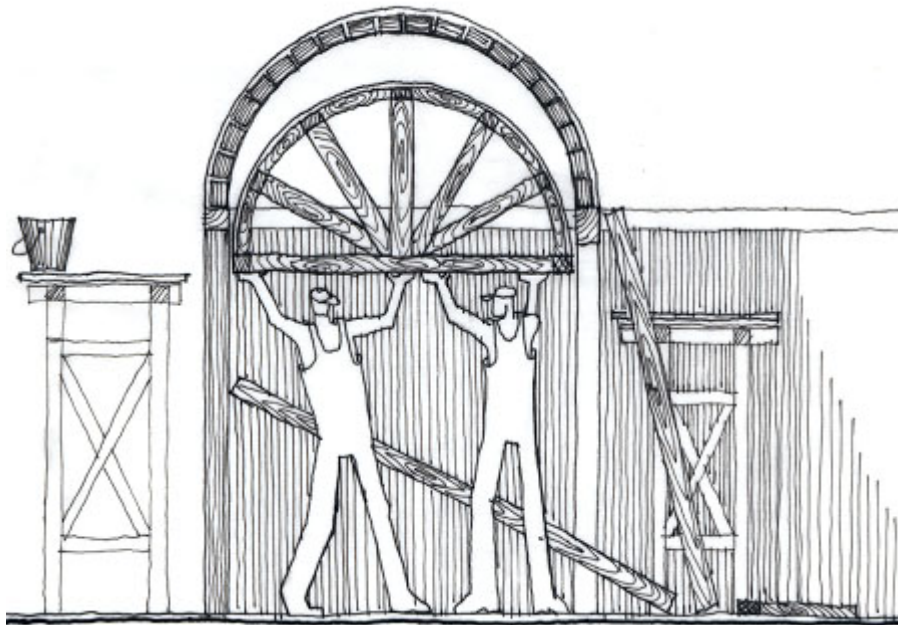


Detalhes das junções de paredes com pilares de concreto pré-moldado e o muro “Tromb”.

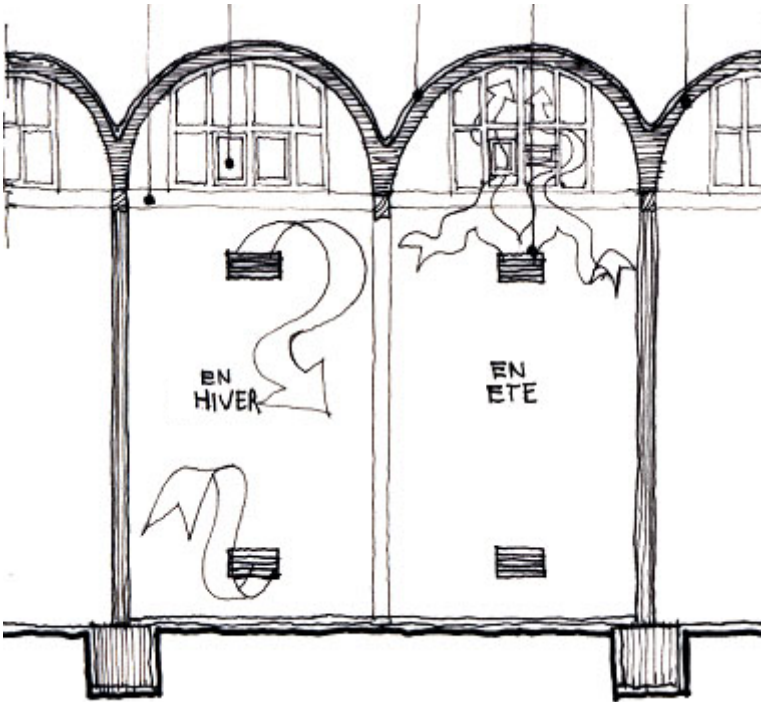




Demonstração da solução técnica construtiva adotada para a execução da cobertura da habitação. Montada em tijolo de dois furos, assentado sobre uma forma de madeira e rejuntado com argamassa de cimento, que se apóia sobre uma viga de madeira e na parede.



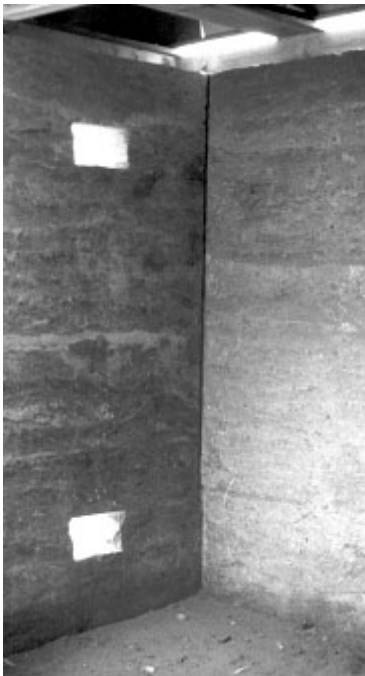
Após a cura completa do rejunte e da camada externa de cimento que recobre todo o exterior, retira-se a forma, que poderá ser deslocada para o módulo seguinte da cobertura, tanto na lateral como no sentido longitudinal, permitindo rapidez na construção.



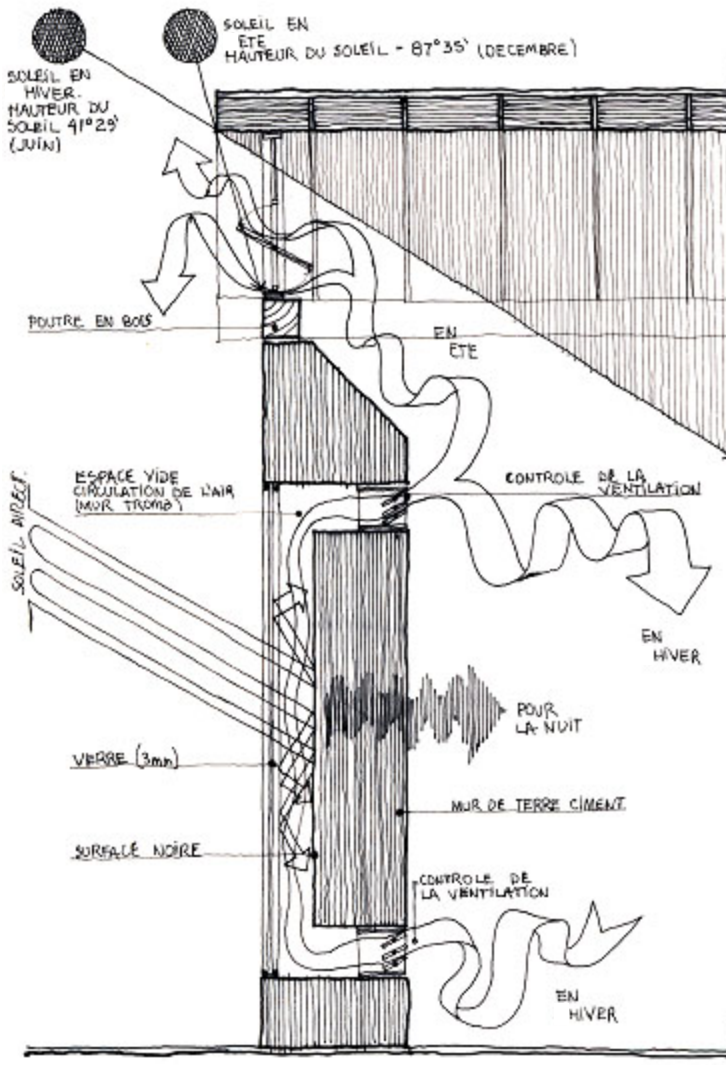
Corte esquemático mostrando o funcionamento do muro “Tromb”, na parte interna da edificação, com as simulações para inverno (esquerda) e verão (direita).

Inverno: o ar frio mais pesado penetra na abertura inferior da parede passando pelo coletor solar embutido na fachada norte, aquece e sai pela abertura superior da mesma parede, realizando este movimento continuamente, aumentando a temperatura interna da habitação.

Verão: o mesmo ar quente do coletor solar penetra no ambiente interno e sai pela abertura da janela superior sugando o ar fresco da fachada oposta que também apresenta uma janela, que aberta permite a entrada do ar da área sombreada que está orientada para o sul.

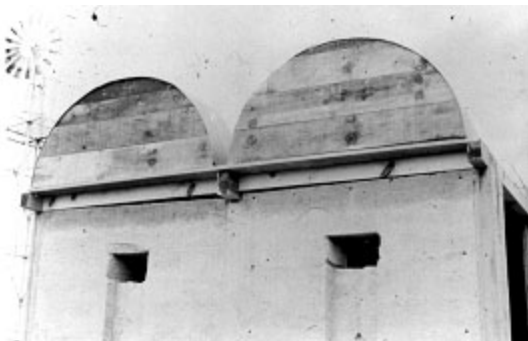


Na foto ao lado podemos ver as aberturas internas, superior e inferior, na parede norte, que tem a maior espessura de todas (30 cm), com maior inércia térmica, controlando as trocas térmicas do espaço interno e externo.

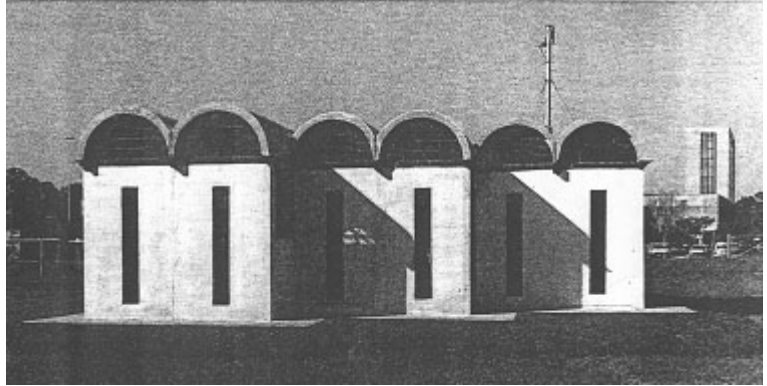


Na figura ao lado podemos visualizar o esquema de funcionamento do muro “Tromb”, com as simulações para inverno e verão. Observam-se as várias vantagens da parede mais espessa (30 cm): além da possibilidade de embutir na mesma o coletor solar, aproveita-se sua inércia térmica nas trocas ou perdas de temperatura com o meio externo.

O beiral na cobertura em arco pleno (flecha 1,50 m), foi calculado em função do movimento aparente do sol para a latitude da região de Curitiba, considerando o melhor aproveitamento possível do ganho direto de radiação solar no inverno, quando a altura do sol é baixa (41°29' Max.); da mesma forma, os índices de nebulosidade na região são os menores do ano (tabela 1). Assim, o ganho direto da insolação provoca a elevação da temperatura dos ambientes. O inverso ocorre no verão, quando a radiação solar, pela altura do sol (87°35' Max.), não penetra no ambiente que está protegido pelo beiral da cobertura.



Vista da habitação bioclimática em processo de construção.



Vista da fachada norte – frente da habitação construída no campus da PUC/PR, 1989/90.

O monitoramento do modelo proposto.

Após a elaboração do projeto executivo da Habitação Econômica Bioclimática de Solo-Cimento Regionalizada, percebemos a importância didática da construção e do monitoramento deste modelo habitacional para a formação profissional de estudantes dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR), instituição na qual desenvolvemos nossa atividade docente. Acreditamos que a incompatibilidade da maioria das edificações que se constrói no país, com o clima, o meio ambiente, os materiais locais, o perfil sócio-econômico dos usuários e as culturas regionais, é diretamente proporcional à capacitação técnica profissional que oferecemos aos nossos jovens universitários.

No final dos anos 80, início da década de 90, com o apoio da Universidade e junto ao Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM–PUC/PR), demos início à construção e monitoramento deste modelo alternativo de habitação popular, com a participação direta dos alunos vinculados às aulas de projeto, física aplicada, conforto térmico e sistemas construtivos dos referidos cursos.

Dessa forma, foi possível demonstrar didaticamente aos estudantes, e avaliar do ponto de vista científico juntamente com os demais professores e pesquisadores, que é possível a busca do barateamento da habitação popular aliada a uma adequação ambiental global. A atividade também resultou na orientação de instituições governamentais ligadas ao setor habitacional e outras instituições afins, em especial, aquelas destinadas a tratar as questões de economia de energia elétrica e pesquisar fontes alternativas de energia renovável e auto-sustentável.

O trabalho procurou criar um modelo de monitoramento para habitações econômicas, que atualmente as instituições brasileiras ligadas ao setor habitacional na sua maioria não possuem. Buscou-se, pois, estabelecer novos parâmetros na elaboração de projetos e execução de obras, parâmetros que podem ainda ser adaptados para que venham a ser utilizados também por profissionais e instituições de outras regiões e/ou outros estados.

O monitoramento e a avaliação foram realizados por partes, de acordo com as fases de execução da obra, observando-se o comportamento dos materiais e a metodologia de tratamento adotada. Essas fases foram acompanhadas *in loco* e documentadas fotograficamente, como se pode constatar nas ilustrações anteriores.

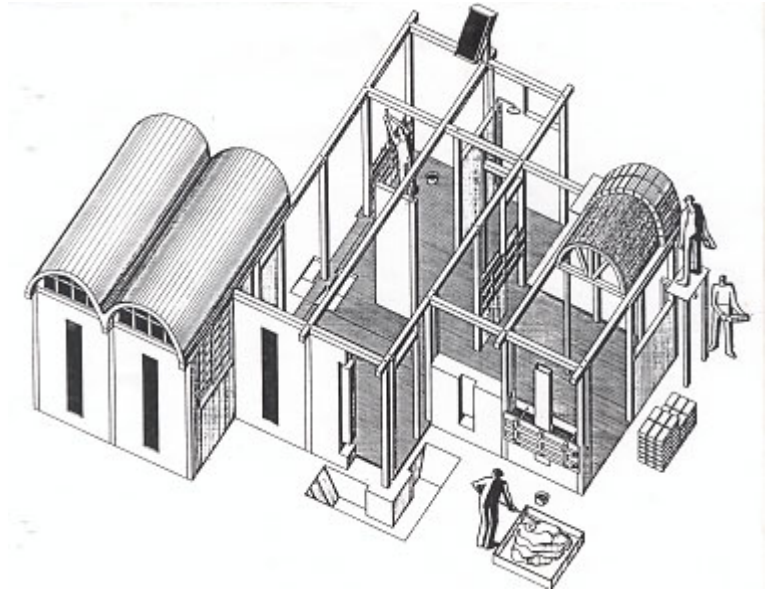
Após a conclusão total da obra de construção, foram instalados os equipamentos de monitoramento empírico – termômetro de globo completo, psicrômetro giratório, psicrômetro de aspiração, termômetro de máxima e mínima e termômetro digital de superfície – para observações periódicas sobre variáveis que expressam conforto ambiental.

Avaliação do Conforto Ambiental	Instrumentos
Temperatura - Ventilação Forçada	Psicrômetro de Aspiração
Temperatura e Umidade Relativa	Psicrômetro Giratório
Temperatura Máxima e Mínima	Termômetro de Máxima e Mínima
Temperatura Radiante Média e Velocidade do Ar Interno	Termômetro de Globo Completo
Temperatura de Superfícies	Termômetro Digital de Superfície

Foram realizadas leituras diárias horárias dos equipamentos (de sete horas da manhã às sete horas da noite), durante uma semana. Dessa forma foi possível verificar, através de gráficos, os horários de pico (grandeza/temperatura) durante o dia, resultando em cinco leituras diárias: 7:00, 9:00, 14:00, 17:00 e 19:00 horas.

As referidas leituras foram realizadas no inverno (junho) e verão (novembro). Os resultados obtidos pela média das temperaturas internas e externas para o período, demonstraram a manutenção do conforto térmico da habitação, com uma oscilação/variação menor da temperatura interna em relação à externa, para as duas estações do ano monitoradas. Ficou demonstrado que a perda de diferença relativa das temperaturas, somente ocorreu nas áreas de permanência transitória da edificação (banheiro e serviço).

Independente dos resultados animadores do monitoramento, tanto no âmbito do conforto térmico como na técnica construtiva adotada, que comprovam as qualidades do modelo proposto, ressaltam-se, ainda, seu baixo custo, mantido dentro dos parâmetros ditos “populares” e de sua metodologia construtiva simples e participativa. Afinal, como tal deve ser.



Considerações finais

A desmistificação de um dos mais difundidos paradigmas brasileiro, de que habitação popular de baixa renda deve ser forçosamente de baixa qualidade, materializa-se na comprovação desta e de outras experiências. Ao quebrarem barreiras preconceituosas, principalmente da comunidade tecnocrata, estas experiências demonstram que as construções podem ser de qualidade e acessíveis à população.

O conceito de conforto associado ao ambiente, da mesma forma, quando decifrado pela ótica da dicotomia, nos revela o engano básico que se comete ao imaginar que conforto está ligado à disponibilidade econômica e que ambiente é qualidade espacial do “habitat”. Nesta experiência prática se percebe claramente que conforto ambiental é decorrência de uma metodologia de trabalho nova e criativa, que usa da tecnologia disponível para gerar alternativas viáveis em todos os sentidos, visando à qualificação da vida e do “habitat” humano.

A interpretação da realidade local deve estar baseada em uma sistemática de trabalho que redirecione a formação e o ensino dos futuros profissionais de Arquitetura e Enge-

nharia Civil, demonstrando a necessidade da criação de modelos adaptados às condições do meio ambiente local, desfrutando de todas as formas de soluções bioclimáticas disponíveis, valorizando os materiais alternativos, usando a conversão passiva e ativa da radiação solar e, principalmente, permitindo o acesso da população a novas formas de construir, com economia, rapidez e praticidade.

A formação destes profissionais, que deverão ser responsáveis pela transformação da “mesmice casuística” em algo novo, apresenta-se como o primeiro desafio a ser enfrentado na obtenção do chamado “desenvolvimento sustentável”. O esforço de vários professores e pesquisadores, é bem verdade, não tem sido em vão, pois a recompensa está na receptividade dos jovens profissionais aos novos conceitos alternativos de melhoria das edificações pelo uso de recursos renováveis e de materiais naturais, valendo-se apenas da criatividade e do conhecimento científico para conceber projetos com maior qualidade, sem aumentar custos.

Acreditamos ainda que uma legislação de ordenamento das edificações, no âmbito municipal, com a mesma visão de melhoria do conforto ambiental, daria respaldo aos profissionais do setor na busca de outras alternativas habitacionais, desatrelado-os de conceitos ultrapassados impostos de forma definitiva e inquestionável pela maioria dos grupos econômicos do setor imobiliário e da construção civil, que acabam direcionando os projetos para o atendimento de suas expectativas de lucros financeiros, opondo-se às inovações metodológicas dos projetos bioclimáticos.

Caberia, finalmente, um estudo direcionado em cada Estado da União, para a definição de setores ou regiões delimitadas pelo tipo de clima e demais características, já mencionadas, que dão suporte aos estudos bioclimáticos ou à arquitetura bioclimática. Com isso, seria possível a demarcação espacial destas regiões, além de recomendações e orientações aos projetistas quanto às alternativas corretas para cada local específico, garantindo o verdadeiro caráter de “regionalização” às novas edificações. Quando imaginamos as diferenças regionais brasileiras em termos climáticos, econômicos e culturais, nos deparamos com um grande desafio ético-profissional: o de respeitarmos essas diferenças, desenvolvendo nosso trabalho com personalidade, mas, principalmente, de modo fiel à realidade local onde efetivamente ele será implantado e utilizado. Paralelamente, essa mesma diversificação regional brasileira permite lançar nossa imaginação com criatividade na descoberta de soluções inusitadas para problemas tão antigos.

Espartano Tadeu da Fonseca é arquiteto, doutor em Arquitetura, professor licenciado da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e secretário municipal de Urbanismo e Meio Ambiente de São José dos Pinhais, Paraná.

spartano@uol.com.br