

## A ventilação em conjuntos habitacionais

Texto  
Engenheiro Francisco R. Landi

Sobre o conforto térmico atua grande número de variáveis: posicionamento em relação ao sol, predominância e velocidade dos ventos, formas geométricas do edifício, materiais empregados, relevo do terreno, temperatura e umidade locais. Além disso, essas variáveis agem entre si, isto é, modificando-se um determinado aspecto do problema, as demais variáveis passam a atuar diferentemente.

A ventilação natural é um dos fatores mais complexos, pois é preciso um adequado entendimento dos fenômenos para não contrariá-los. A arquitetura histórica local tem mostrado que, ao longo do tempo, o homem sabe descobrir a melhor solução, mesmo sem uma perfeita compreensão daqueles fenômenos. Entretanto, o aumento da escala de produção de habitações e a correspondente falta de projetistas (em termos relativos) têm gerado projetos inadequados, quase sempre conseqüência de uma imposição econômica ou de desconhecimento fenomenológico.

Na verdade, o próprio conceito de conforto térmico é difícil de se propor. Tem raízes não apenas fisiológicas, pois se apóia também em fatores econômicos e sociais. Por outro lado, a crise econômica por que tem passado a socieda-

de distanciou tanto a população da capacidade de pagar, que enormes concessões de conforto têm sido feitas na tentativa de viabilizar a compra da casa própria.

No presente artigo se faz uma apreciação geral dos problemas de ventilação em conjuntos habitacionais — e uma certa abstração dos demais —, apesar do conforto ser obtido por uma atuação global de todos os fatores. Ainda hoje, os conceitos que envolvem uma adequada ventilação dos edifícios são profundamente qualitativos, razão pela qual é preferível prover o projetista com o conhecimento empírico dos fenômenos e deixar para a sua intuição o balanceamento adequado deles para obter uma boa solução.

### Condições de ventilação

Aberturas são previstas nos edifícios com a função de possibilitar ventilação e iluminação dos ambientes e permitir aos ocupantes observar o exterior.

O objetivo de ventilar o ambiente permite destacar três funções:

- satisfazer as exigências de respiração dos indivíduos; isso significa, em outras palavras, manter adequados os níveis de  $O_2$  e  $CO_2$ ;
- remover ou diluir os contaminantes do ar (fumos, odores, gorduras, vapor de água);
- manter ou melhorar as condições de conforto e higiene do edifício (pela admissão de ar externo em temperatura menor, porque assim se reduz a umidade interna e, portanto, manifestações de bolor).

O suprimento de 0,5 litro por segundo de ar fresco é suficiente para garantir o oxigênio exigido pelo corpo humano. Porém, para manter o nível de  $CO_2$  abaixo de 0,5% (porcentagem considerada adequada para permanência em tempo prolongado), um suprimento de 1 a 1,6 litro por segundo é necessário, conforme a atividade física em que se encontra a pessoa.

Experiências práticas têm mostrado que esses índices são facilmente atingíveis. Um quarto dormir com portas e janelas fechadas (desde que não sejam herméticas) consegue prover a ventilação necessária para um ocupante, a noite toda. Assim, esses aspectos não precisam preocupar o projetista.

A diluição dos odores e fumos se consegue a custo de um maior nível de renovação do ar. No Brasil, têm-se adotado para habitações os níveis de  $35 m^3/h$  como preferível e  $17 m^3/h$  como mínimo, conforme a norma brasileira de ar condicionado. Os ingleses (IHVE) têm adotado valores como os indicados na tabela:

Área disponível por pessoa ( $m^2$ )	Suprimento de ar fresco (litros/segundo)		
	Mínimo	É proibido fumar	Não é permitido fumar
3	11,3	17,0	22,8
6	7,1	10,7	14,2
9	5,2	7,8	10,4
12	4,0	6,0	8,0

Já para se obter melhoria de conforto térmico, os números são mais difíceis de se propor, pois, apesar de sabermos calcular a sensação de redução de temperatura (conforto de verão),

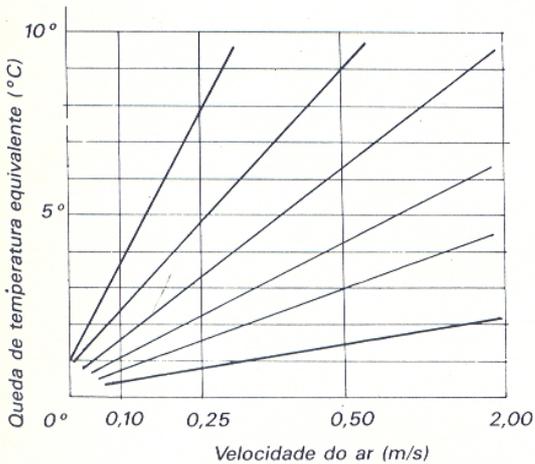


Fig. 1

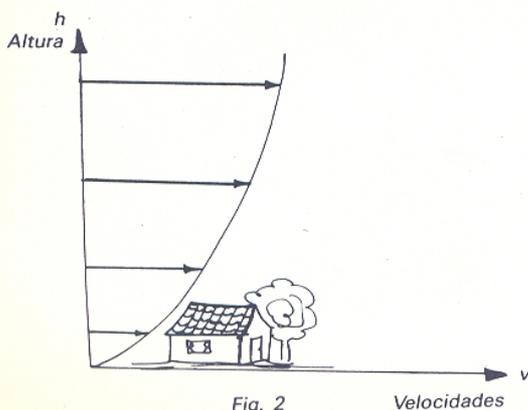


Fig. 2

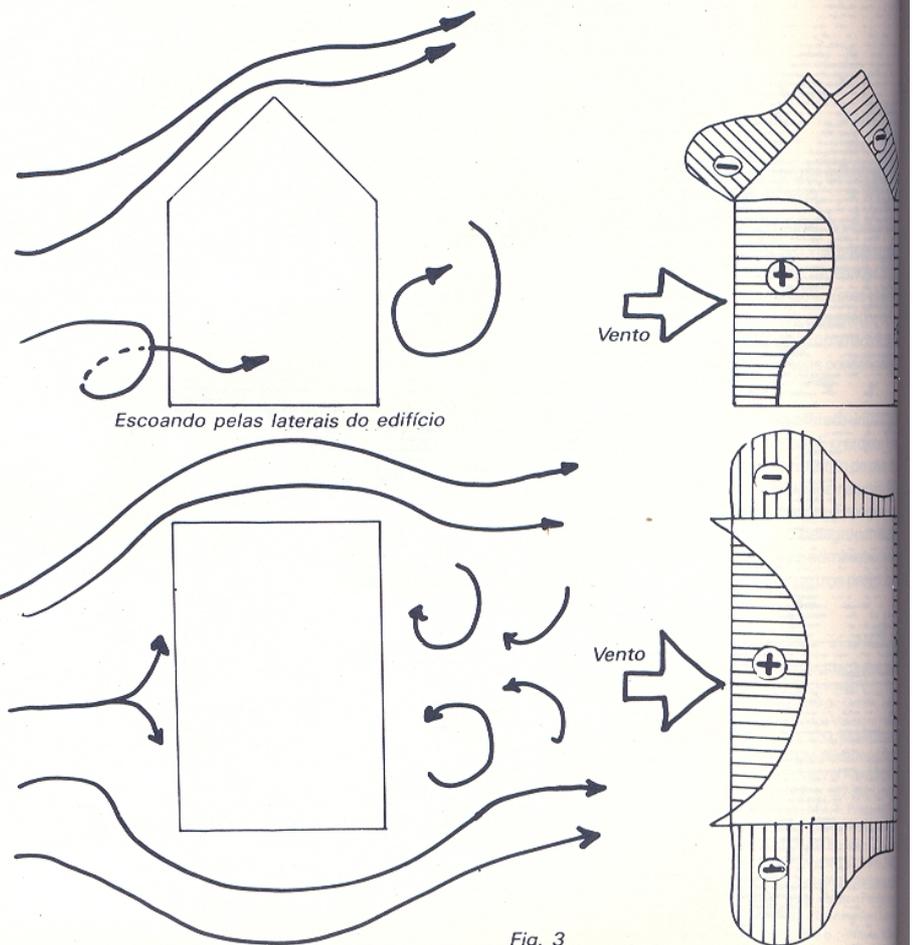


Fig. 3

demos, com os recursos naturais, garantir o suprimento de ar fresco suficiente; ainda é a natureza que nos controla e não nós a ela.

Fôssemos capazes de garantir uma vazão (e portanto uma velocidade) determinada num ambiente, saberíamos calcular a melhoria do conforto. O ar em movimento (vento) provoca uma sensação de melhoria de conforto. Os franceses (STB) quantificaram esse efeito e o apresentaram através de um ábaco como o da figura 1.

Podríamos então especificar qual a vazão de ar necessária, para que criasse no interior do edifício (calculando-se a seção de passagem) a velocidade necessária para gerar um determinado conforto térmico. Entretanto, tal-colocação fica prejudicada na medida em que os ventos naturais estão fora do nosso controle (isso só é possível com ventilação mecânica).

**Perfil de velocidades e a ação dos ventos**

A velocidade do vento varia com a altura: quanto mais alto, maior a velocidade do vento. O gradiente vertical de velocidade média pode ser representado por uma equação do tipo:

$$v/v_g = (h/h_g)^\alpha$$

Essa equação corresponde a uma variação conforme a indicada na figura 2.

A relação,  $\alpha$  é um coeficiente que corresponde à rugosidade do terreno. Os cientistas já têm determinado vários valores de  $\alpha$ , para várias conformações de terreno.

A caracterização do escoamento do ar ao redor de um edifício é bastante difícil, pelas formas

complicadas de fachadas e coberturas que esses edifícios têm. Os filetes de ar que escoam ao redor dos edifícios têm uma forma tão complexa que tentar criar um modelo matemático é pouco conveniente. Tem sido preferível visualizar esse escoamento através de filetes de fumaça ao redor de maquetes colocadas em túneis de vento, o principal equipamento laboratorial para tal estudo. Pode-se também ligar à maquete, pelo seu interior, diversos tubos flexíveis, que permitem medir as pressões (ou depressões) que se formam nas suas superfícies.

Na fachada frontal, por exemplo, a incidência do vento cria pressões positivas, enquanto que pressões negativas na fachada posterior. O vento que escoa pelas laterais ou pela cobertura pode, conforme a situação, criar pressões positivas ou negativas.

Diversos fatores influem sobre o escoamento do ar e a formação de pressões ao redor do edifício, como: ângulo de inclinação da cobertura, altura e largura do edifício, direção do vento incidente, obstáculos à frente (árvores, muros, outras construções), geometria do edifício etc. É essa variedade de influências que estimula o emprego de recursos laboratoriais para a visualização e quantificação do escoamento.

No caso de um edifício simples como o da figura 3, o escoamento do ar gera pressões e depressões que estão aí indicadas, valendo destacar as pressões positivas e negativa nas fachadas dianteira e posterior, respectivamente. Merecem destaque também as pressões negativas na cobertura (que, em termos estruturais, aca-

bam sendo as responsáveis por destelhamento de edifícios).

Essas variações de pressões podem ser convenientemente utilizadas pelo arquiteto, de maneira a conseguir - por meio de aberturas adequadamente distribuídas - uma melhoria na ventilação dos ambientes ou do espaço formado pelo forro e telhado.

A inclinação da cobertura tem influência sobre a distribuição de pressões. O padrão básico é o de pressão negativa que gera sucção. Em condições excepcionais, com telhados de inclinação superior a 45 graus, as pressões passam a ser positivas (fig. 4).

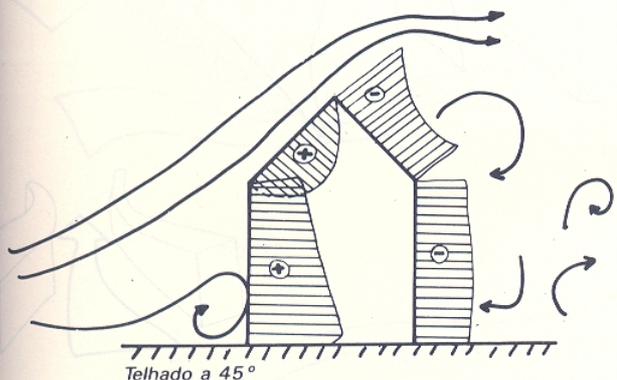
Os telhados com 8 a 12 graus de inclinação são os que apresentam maior sucção. Influem também sobre a distribuição de pressões a altura, largura e profundidade do edifício.

Quando o vento não sopra perpendicularmente, a distribuição de pressões ao longo das fachadas se altera (fig. 5).

Ocorrem menores sucções sobre os telhados como um todo, porém surge a formação de vórtices ao longo de suas bordas, causando localmente sucções elevadas (fig. 6).

À medida que a forma do edifício tem sua geometria mais complexa, começam a se complicar também os padrões de escoamento do ar. É importante considerar a direção dos ventos predominantes na região.

A presença ou a modificação de posição de uma



Telhado a 45°

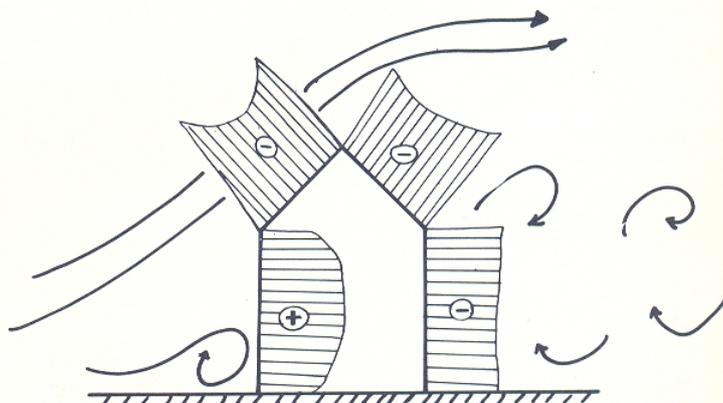


Fig. 4

Telhado a 30°

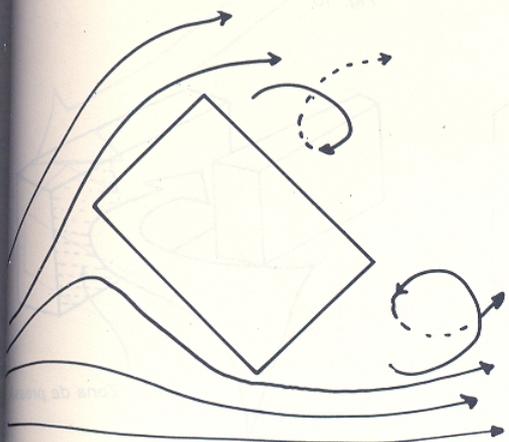


Fig. 5

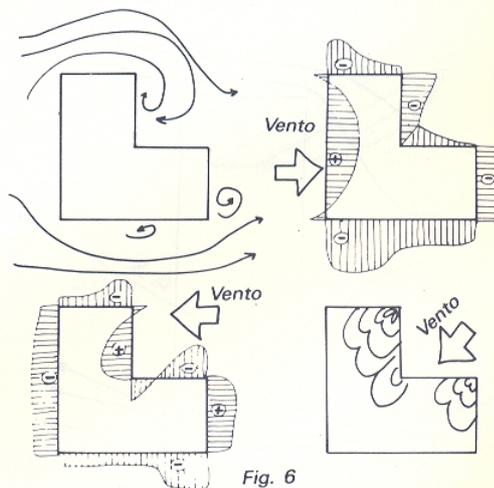
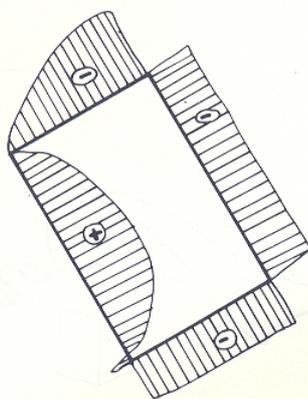


Fig. 6

marquise muda completamente o perfil de distribuição de pressões (fig. 7).

Em um edifício sobre pilotis, o vento "canaliza" pelo andar térreo, se não for criada uma forma de proteção, que em certas circunstâncias pode gerar um desconforto.

**Ação dos ventos em conjuntos habitacionais**

A aglomeração de edifícios em conjuntos habitacionais ou em outros agrupamentos, de maneira geral, introduz uma enorme quantidade de variáveis novas às já existentes em um edifício só. Esse aumento de complexidade enfatiza ainda mais o emprego de recursos laboratoriais para simulação dos efeitos causados pelos ventos.

Alguns exemplos de ações de ventos em grupos de edifícios são dados pelas ilustrações que se seguem, correspondentes aos efeitos Wise, Venturi, pilotis e malha.

**Efeito Wise** - Pequenos obstáculos, como muros, outros edifícios etc., postados à frente de um edifício alto, podem gerar zonas de turbilhão na sua base, modificando a distribuição de pressões (fig. 9).

**Efeito Venturi** - O efeito Venturi é ocasionado quando prédios são construídos lado a lado e

criam um afunilamento dos filetes de ar (fig. 10). Como resultado, há um aumento na velocidade do vento, podendo causar incômodo. Ocorre em edifícios com alturas de 15 m ou mais e naqueles em que a soma dos comprimentos ultrapassa 100 m. Prédios em posição ortogonal ao vento criam pressões elevadas em uma parte da fachada e menores em outra, gerando desuniformidade na ventilação (fig. 11).

**Efeito pilotis** - Edifícios sobre pilotis podem gerar um razoável incômodo para os usuários no térreo, pois a concentração de vento nesse pavimento apresenta-se às vezes muito grande.

**Efeito malha** - Edifícios justapostos que formem um alvéolo ou "saco" com aberturas menores que 25% do perímetro total podem criar regiões não ventiladas, como a que se indica na figura 13.

**Disposição dos edifícios**

Cuidado importante no projeto de conjuntos habitacionais é a disposição dos edifícios, de maneira que um deles não fique submetido à influência do outro. O projeto deve prever a independência de ventilação dos edifícios. Se um ficar na zona de baixa pressão que se forma a sotavento de outro, corre o risco de ter a sua ven-

tilação prejudicada. Os estudos relativos conduzidos em túneis resultam em certas áreas de fluência, nas quais não se deve localizar outra construção. Nas figuras 14 e 15, estão vários exemplos de situações obtidas em estudos de túnel de vento.

A ventilação dos interiores é obtida por um posicionamento adequado das aberturas de entrada e saída, para se ter o que se chama ventilação cruzada. A ventilação feita por meio de uma única abertura não é tão eficiente.

A abertura de saída deve ser ligeiramente (10% a 20%) maior que a de entrada, não só porque o ar se aquece e expande, como também porque é desejável maior velocidade na entrada que na saída. Se for preciso uma ventilação ao nível do homem, convém que a abertura de entrada seja baixa e a de saída alta. Caso se desejar que os ventos não incidam diretamente sobre as massas de trabalho, a abertura de entrada deve ser alta.

Modificações nesse caminho podem ser obtidas por dispositivos aplicados na abertura de entrada, como, por exemplo, marquises e janelas basculantes, que redirecionam o fluxo de ar. Os desenhos da figura 17 são por si esclarecedores, dispensando maiores comentários.

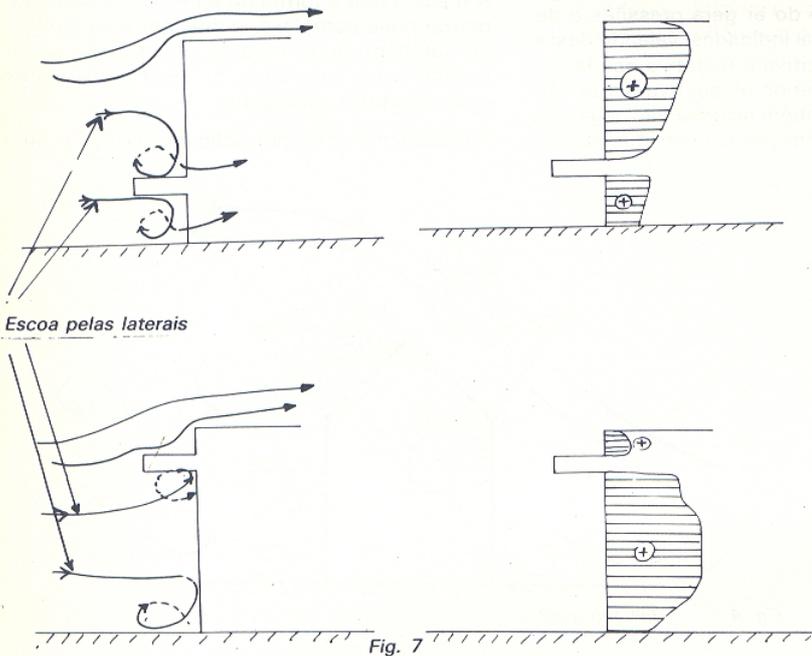


Fig. 7

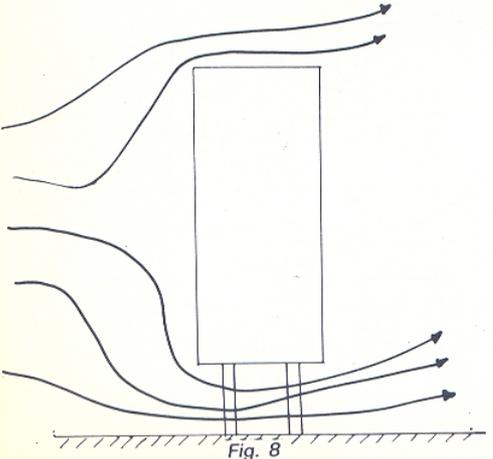


Fig. 8

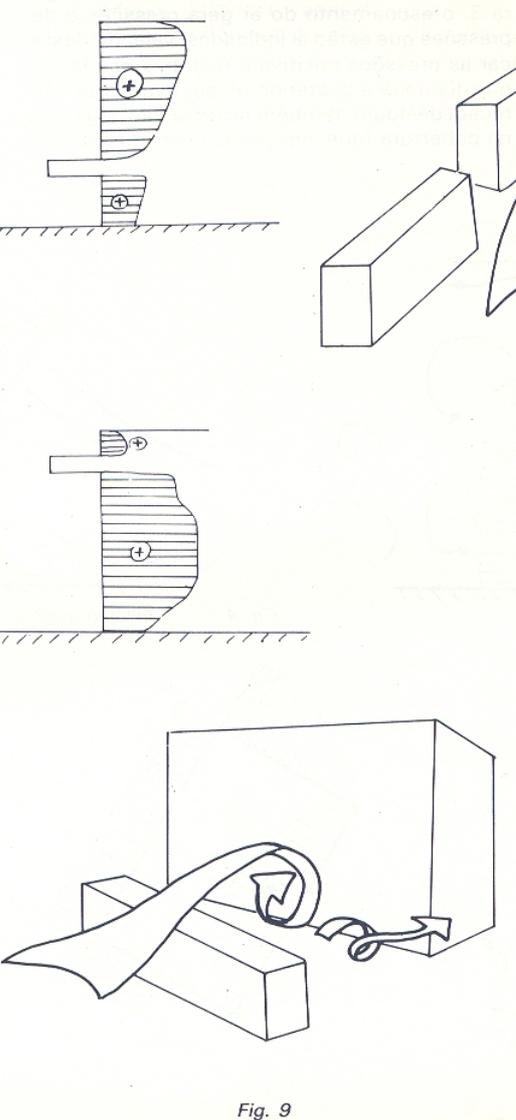


Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Zona de pressão

ventos dominantes numa certa região devem ser empregados para facilitar as condições de ventilação. No verão são desejáveis, no inverno serão inconvenientes. Convém, por isso, conhecer os ventos dominantes no local examinado, verificando se não diferem dos meses frios e os quentes.

Dados para esse levantamento podem ser obtidos em postos de meteorologia, como o Serviço de Proteção ao Vôo, da FAB, ou o Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

É preciso utilizar esses dados com a devida precaução porque modificações podem ser introduzidas pela própria conformação do terreno. A presença de edifícios altos já é um fator de alterações.

O posicionamento tem por finalidade evitar que fumaças, gorduras e vapor de água gerados nas áreas de serviços se propaguem pela habitação e proporcionar adequada vazão de ar para o conforto das pessoas. Esta segunda finalidade está intimamente ligada às aberturas.

Por essa razão, dois princípios básicos norteiam a ventilação dos ambientes: 1. a ventilação deve efetuar-se no sentido adequado (dos ambientes sociais para as áreas de serviço); 2. as pe-

ças das áreas de serviço devem ser ventiladas independentemente. Alguns exemplos de como realizar isso são ilustrados na figura 18.

**A "arquitetura solar"**

O emprego judicioso da radiação solar pode ajudar a ventilação dos edifícios. A idéia, embutida dentro do que se chama arquitetura solar, é a de empregar a energia da radiação solar para provocar deslocamentos de ar. Dessa maneira, quanto mais intensa a radiação, mais intensa poderá ser a ventilação.

Apresentamos nas figuras 20 e 21 dois exemplos. Para sua boa compreensão, entretanto, é bom esclarecer a ação do chamado efeito estufa.

Tem sido freqüente a construção de edifícios empregando fachadas inteiras de vidro, tanto pelo aspecto econômico (a fachada de vidro é de aplicação rápida e facilita o cronograma da obra, o que acelera a construção poupando juros de capital), quanto pelo aspecto estético (gera um "diálogo" interior-exterior muito "rico").

Entretanto, é do conhecimento geral que o vidro proporciona um ganho de calor de radiação solar muito intenso. A razão disso se deve às características térmicas desse material, que é praticamente transparente (85%) aos raios infraver-

melhos (calor), de baixo comprimento de onda ( $1 \mu$ ), como os do sol e praticamente opaco aos raios infravermelhos de alto comprimento de onda ( $10 \mu$ ), como os refletidos pelos diversos materiais de construção. O resultado é o comportamento original do vidro, pelo qual a radiação solar penetra, mas, depois de se refletir sobre pisos e paredes do ambiente, não sai.

Esse fenômeno é costumeiramente chamado efeito estufa (*heat-trap*), porque é empregado com essa finalidade em amadurecimento de frutas ou viveiro de plantas, ou ainda jardins de inverno.

Na arquitetura de países frios, o vidro é muito empregado para aquecer as construções, tomando-se o devido cuidado, porém, porque ele também dá passagem fácil ao frio.

O emprego judicioso de certos princípios pode proporcionar uma melhoria no conforto térmico das habitações. O sol é um desses elementos que têm sido pouco estudados e que se prestam para tal fim. Pode-se utilizar o calor de irradiação para aquecer ou resfriar os ambientes. Este segundo caso tem importância para os países quentes como o nosso e se demonstra esquematicamente através das figuras 20 e 21.

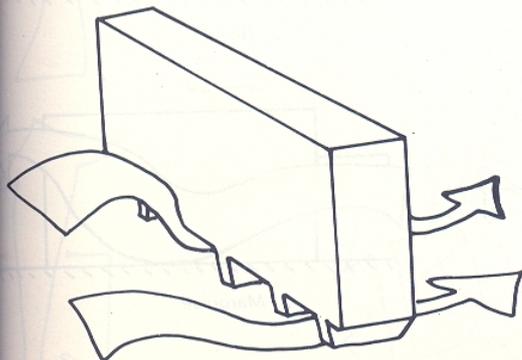


Fig. 12

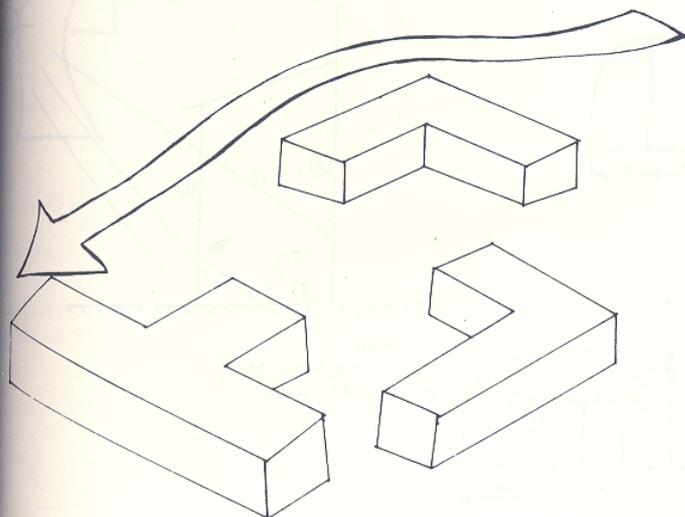


Fig. 13

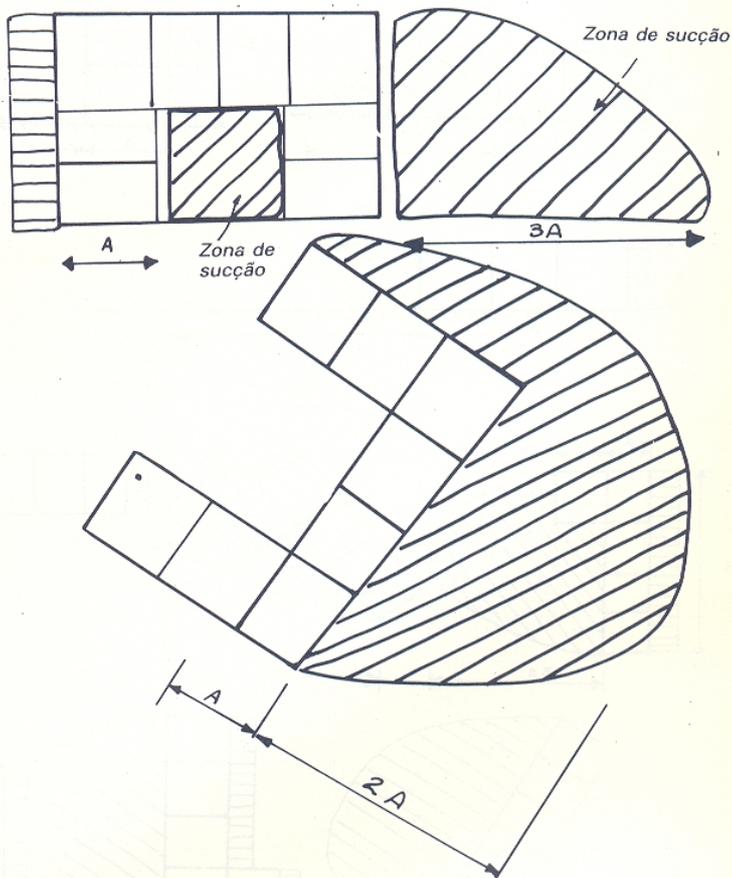


Fig. 14

Na figura 20, esquematiza-se uma construção com cobertura à base de um elemento transparente ou translúcido, através do qual passa a luz solar. Paralelamente à cobertura e recobrimo do forro, uma folha de alumínio reflete esse calor, ao mesmo tempo que protege o forro. O ar "preso" no espaço constituído pelo forro e cobertura se aquece, torna-se mais leve e sobe em direção à abertura superior, provocando um efeito de tiragem sobre o ar do ambiente. A movimentação do ar no ambiente ocupado pelas pessoas melhora o conforto.

Na figura 21, gera-se basicamente o mesmo efeito, em que a tiragem é provocada pela irradiação sobre uma fachada de vidro. Paralelamente a essa fachada existe uma cortina de concreto (ou outro material) vazada, que, ao mesmo tempo que protege a habitação da radiação solar, permite a passagem de ar.

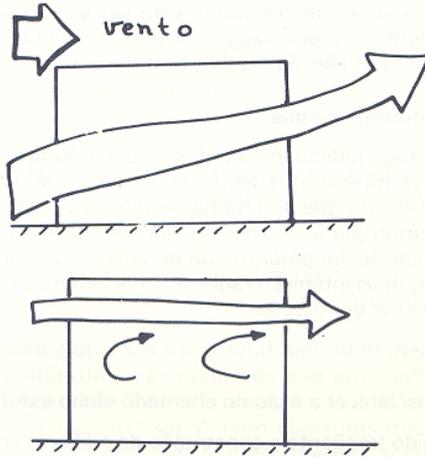


Fig. 16

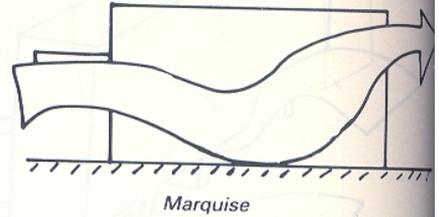
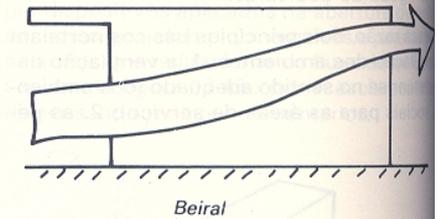
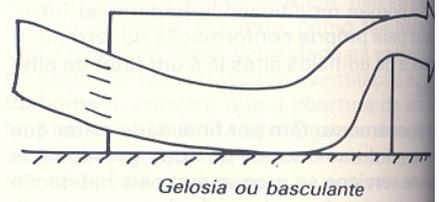
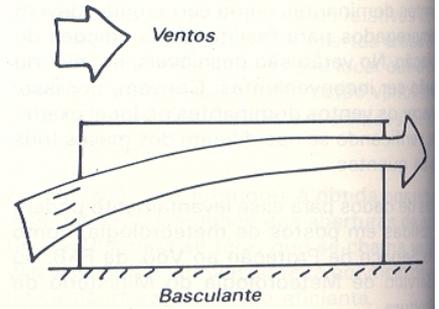


Fig. 17

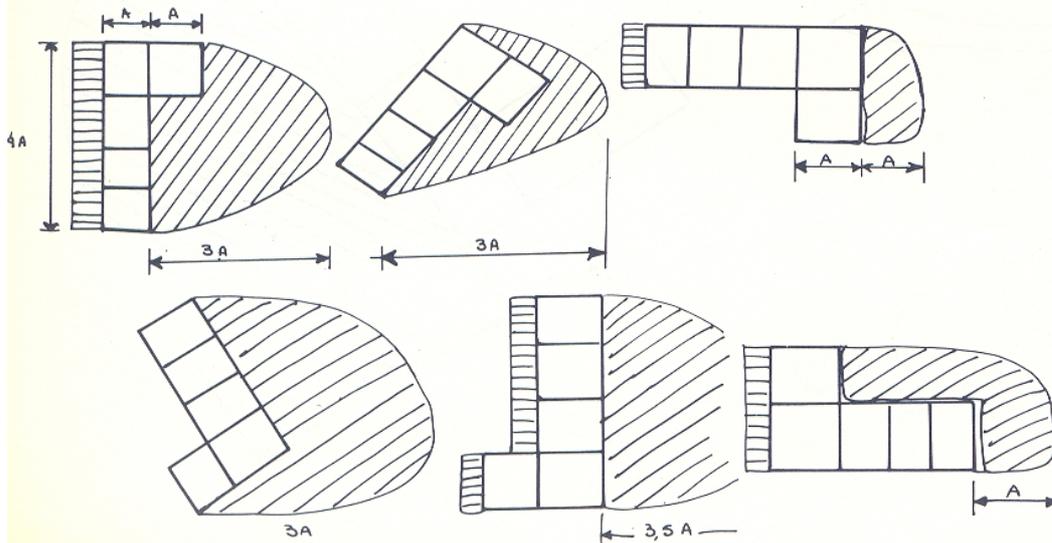
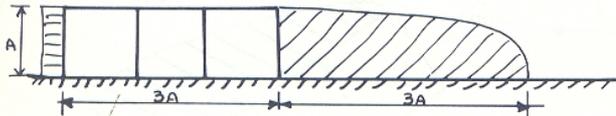
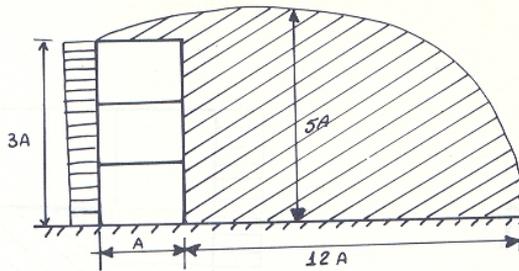
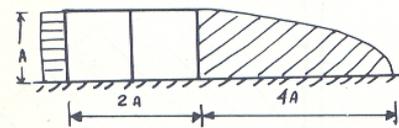
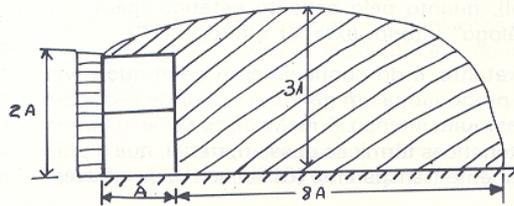
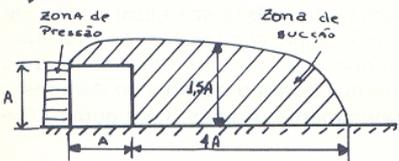
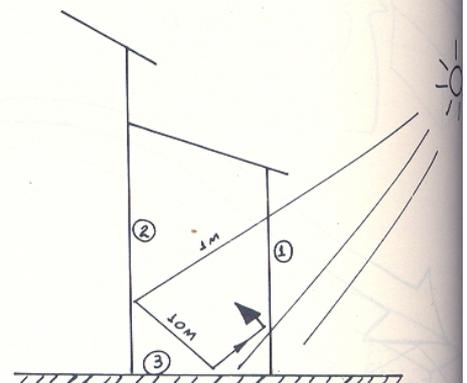


Fig. 15



1 - vidro  
2 e 3 - materiais de construção usuais

Fig. 19

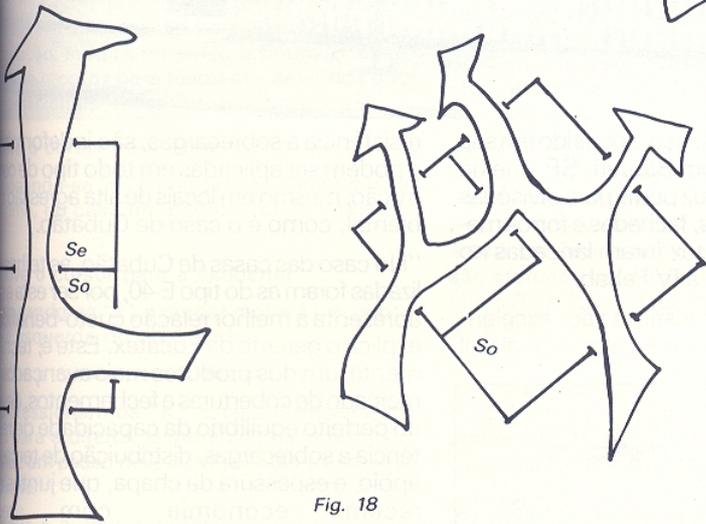
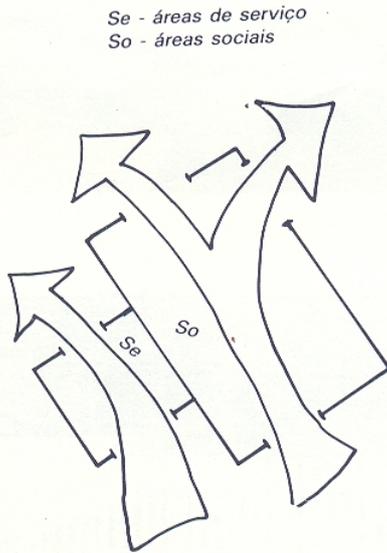


Fig. 18

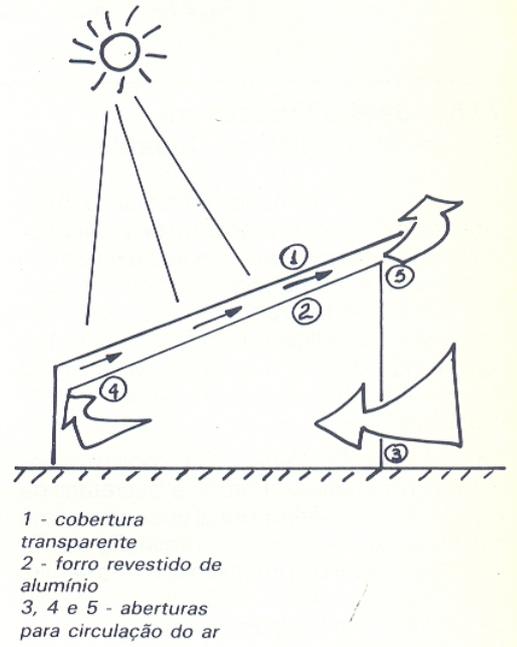


Fig. 20

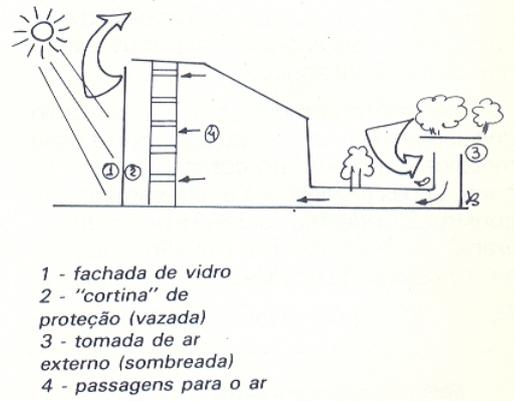


Fig. 21