

# Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social

9

Dezembro de 2005



**Eletrobrás**

**Ministério de  
Minas e Energia**

**Ministério  
das Cidades**



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA  
Presidente

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

SILAS RONDEAU  
Ministro de Estado

ALOÍSIO VASCONCELOS  
Presidente da Eletrobrás

RUY CASTRO  
Diretor de Projetos Especiais e Desenvolvimento Tecnológico e Industrial

GEORGE ALVES SOARES  
Chefe do Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais

FERNANDO PINTO DIAS PERRONE  
Chefe da Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência Energética

**MINISTÉRIO DAS CIDADES**

MARCIO FORTES DE ALMEIDA  
Ministro de Estado

RODRIGO JOSÉ PEREIRA-LEITE FIGUEIREDO  
Secretário-Executivo

INÊS DA SILVA MAGALHÃES  
Secretária Nacional de Habitação

RAQUEL ROLNIK  
Secretária Nacional de Programas Urbanos

ABELARDO DE OLIVEIRA FILHO  
Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

JOSÉ CARLOS XAVIER  
Secretário Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana

JOÃO LUIZ DA SILVA DIAS  
Presidente da Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU

AILTON BRASILIENSE PIRES  
Diretor do Departamento Nacional de Trânsito – Denatran

MARCO ARILDO PRATES DA CUNHA  
Presidente da Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre – TRENSURB

# APRESENTAÇÃO

Esta publicação que ora lançamos na 2ª Conferência Nacional das Cidades em Brasília, neste dezembro de 2005, é o primeiro exemplar da série **Cadernos MCidades – Parcerias** que pretendemos conduzir com outras instituições públicas de governo, sobre temas de interesse comum da administração pública, da ciência e da sociedade, como é a marca do Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

Este **Caderno 9 – Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social** trata da relação entre as energias naturais e as energias culturais, da utilização racional do conhecimento e tem como objetivo colaborar para a difusão de métodos de simples compreensão, cujo resultado pode ser significativo na melhoria das condições de moradia e de vida do povo brasileiro.

Na oportunidade, efetivam-se, mais uma vez, os propósitos do Acordo de Cooperação Técnica firmado entre o Ministério das Cidades e o Ministério das Minas e Energia, com a interveniência da ELETROBRÁS, relacionados às ações para o uso eficiente de energia elétrica, medidas de economia, saúde pública e meio ambiente.

É com grande satisfação que apresento à sociedade brasileira este trabalho, fruto do esforço e dedicação de muitos e que a muitos outros chegará para nossa gratificação e resultados para todos.

**MARCIO FORTES DE ALMEIDA**

Ministro de Estado das Cidades

# APRESENTAÇÃO

A energia elétrica tornou-se essencial à vida moderna e ao homem, cuja satisfação das necessidades básicas requer quantidades energéticas mínimas. Utilizá-la de maneira correta, diminuindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente, constitui um importante parâmetro a ser considerado no exercício da cidadania.

As edificações, responsáveis por cerca de 48% do consumo total de energia elétrica no Brasil, apresentam grande potencial de otimização energética, particularmente em consequência do desenvolvimento de novos materiais, equipamentos, conceitos arquitetônicos e tecnologia construtiva.

Ciente da importância desse setor no âmbito da conservação de energia elétrica, a ELETROBRÁS, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, promove, desde 1985, diversas ações com o objetivo de incentivar o uso eficiente da energia e dos recursos naturais, tais como água, ventilação e energia solar, nas edificações. Em 2003, com a criação do PROCEL EDIFICA, essas ações foram ampliadas e organizadas de acordo com diretrizes que levem ao desenvolvimento de:

- requisitos básicos para uma arquitetura mais integrada ao meio ambiente e recursos naturais;
- indicadores de eficiência energética em edificações;
- certificação de materiais e equipamentos;
- procedimentos para regulamentação / legislação;
- mecanismos para aporte de recursos financeiros e remoção de barreiras para implementação de projetos;
- projetos educacionais e de interesse social.

Neste contexto, temos a grande satisfação de apresentar este Caderno de "Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social", elaborado em parceria com o Ministério das Cidades, para auxiliar os segmentos envolvidos com os programas de habitação social no Brasil na compreensão do tema da eficiência energética em edificações e na obtenção de resultados que minimizem os custos dos empreendimentos.

Esperamos, com esta iniciativa, estar contribuindo para a produção de uma arquitetura que aproveite ao máximo as condições bioclimáticas existentes do local onde será construída, para a redução do consumo de energia e para a garantia do conforto ambiental dos moradores das habitações de interesse social.

**ALOISIO VASCONCELOS**  
Presidente da ELETROBRÁS

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>PANORAMA ENERGÉTICO NACIONAL</b>	<b>9</b>
ESTRUTURA DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	11
CONSUMO DE ENERGIA FRENTE AO CENÁRIO ECONÔMICO	13
CONSUMO DE ENERGIA FRENTE À DINÂMICA POPULACIONAL	14
POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA NAS EDIFICAÇÕES	16
<b>REFLEXÕES SOBRE O SEGMENTO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL E SEU PAPEL NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>19</b>
DIRETRIZES DE PROJETO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL	22
<b>CONCEITOS BÁSICOS DE PROJETO E ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO</b>	<b>25</b>
ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO	29
O MICROZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A ESCOLHA DE ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS LOCAIS	32
<b>ESTRATÉGIAS PARA CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>35</b>
VENTILAÇÃO PERMANENTE	37
VENTILAÇÃO CONTROLADA	47
RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	49
MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO	53
RESFRIAMENTO ATIVO (AR-CONDICIONADO)	54
UMIDIFICAÇÃO	57
MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO	58
AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO	60
CALEFAÇÃO	61
ILUMINAÇÃO NATURAL	64
SOMBREAMENTO	67
<b>USO DA ENERGIA SOLAR – COLETORES SOLARES TÉRMICOS</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA DE APOIO</b>	<b>85</b>
<b>SITES DE INTERESSE</b>	<b>86</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>
O PAPEL DA VENTILAÇÃO NATURAL NAS EDIFICAÇÕES – METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DA PROPOSTA DE ZONEAMENTO EÓLICO PARA FINS DE LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE USO EM HIS	93

DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE GIVONI	107
TIPOS POSSÍVEIS DE ABERTURAS DE JANELAS. VANTAGENS E DESVANTAGENS	108
DIVERSOS FATORES DE SOMBRA NORMALMENTE UTILIZADOS EM PROJETOS	110
VALORES DE TRANSMISSÃO DE CALOR PARA VIDROS	110
FATORES DE REFLEXÃO (%) DE DIFERENTES MATERIAIS OPACOS E CORES (FONTE: CINTRA DO PRADO, L. – ILUMINAÇÃO NATURAL – SÃO PAULO – FAU – USP, 1961)	111
TABELA DE ILUMINAMENTO MÉDIO EM PLANO HORIZONTAL	112
ALGUNS SOFTWARES DE APOIO À CONCEPÇÃO DE HIS	113

# INTRODUÇÃO

Este caderno tem por finalidade facilitar a compreensão sobre o tema da Eficiência Energética, quando aplicada às edificações destinadas à habitação de interesse social, principalmente para os diversos segmentos envolvidos no assunto — governamental, empresarial, financeiro, acadêmico, organizações não-governamentais e comunitárias.

É importante que os programas de habitação social no Brasil estejam preparados para aproveitar o conjunto de recursos ambientais existentes, de forma a reduzir o consumo de energia, minimizar os custos dos empreendimentos, da manutenção e da operação e, principalmente, garantir o conforto ambiental nessas edificações, tendo em vista seus efeitos diretos sobre a saúde e a produtividade dos moradores.

Neste contexto, este trabalho contribui para a produção de uma arquitetura que aproveite ao máximo as condições bioclimáticas existentes do local onde será construída, atenuando os aspectos negativos e potencializando os positivos.

Para tanto, torna-se primordial o conhecimento das especificidades climáticas e culturais de cada região, das rotinas de uso da edificação e do perfil dos usuários envolvidos ao longo do Brasil — rural ou urbano — de forma a garantir o atendimento das suas necessidades básicas de iluminação, ventilação, aquecimento de água, arrefecimento e outras, a um custo menor e com mais eficiência energética e qualidade ambiental.

É imprescindível que estes conhecimentos sejam aplicados a todas as etapas da concepção do projeto de arquitetura: desenho do loteamento, implantação da edificação no lote, tratamento da superfície no entorno, volumetria e organização dos espaços internos, escolha dos elementos e materiais do envelope construtivo; e, sobretudo, na escolha, dimensionamento e proteção externa das aberturas e coberturas. Isto para que o conjunto da edificação resultante seja o mais adequado, influenciando diretamente na melhoria do desempenho energético.

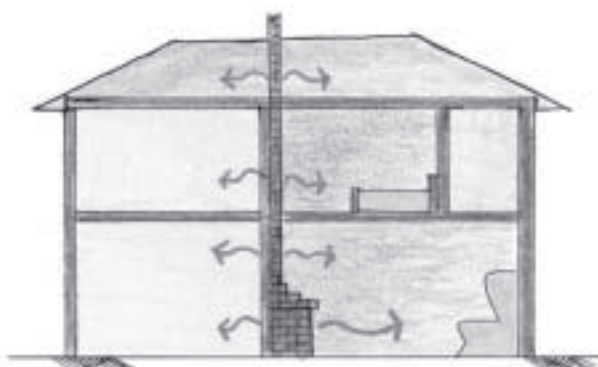
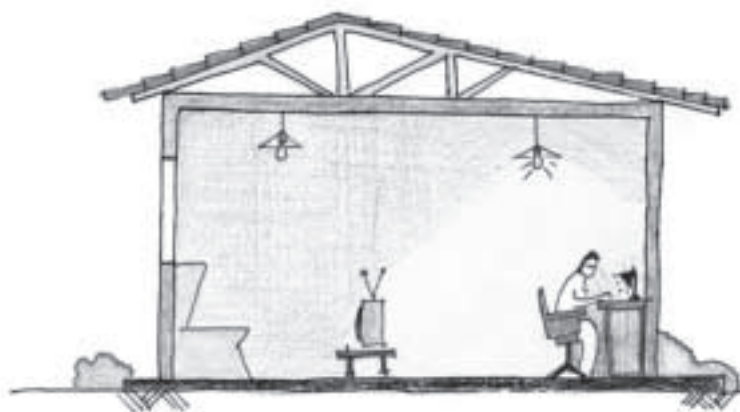
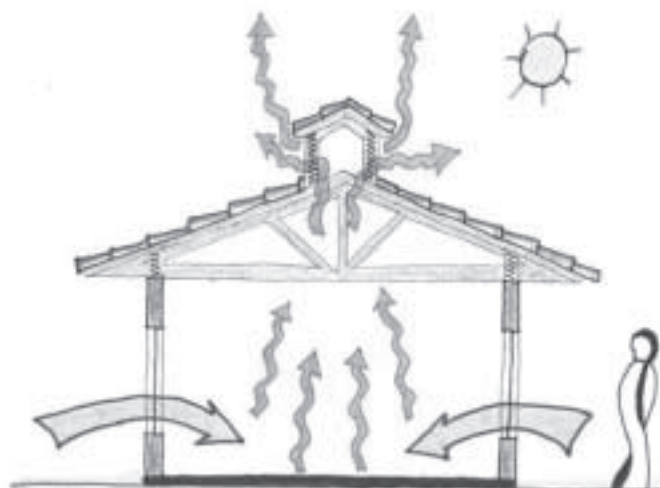
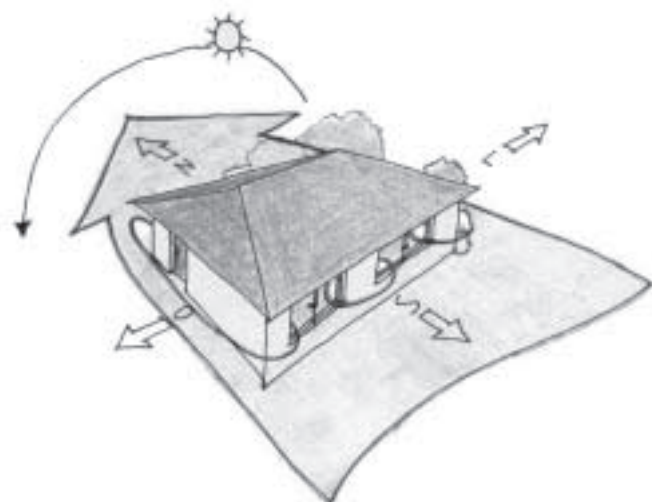
Considerando o desafio de uma única publicação para todo o território nacional, com suas extremas diversidades climáticas, geográficas e culturais, este caderno está estruturado da seguinte maneira: no capítulo seguinte é apresentado um panorama geral do mercado de energia elétrica no Brasil e do comportamento do consumo de energia, relacionado-os com os aspectos econômicos e de evolução demográfica; em seguida, são feitas reflexões sobre o segmento das habitações de interesse social e seu papel na eficiência energética e sumarizados os conceitos básicos das especificidades bioclimáticas das regiões brasileiras, os instrumentos que subsidiam a sua compreensão e as aptidões para a escolha das estratégias que devem ser adotadas ainda na fase do projeto de arquitetura. Por fim, são abordados os aspectos essenciais para o uso da energia solar para aquecimento da água.

Espera-se, dessa forma, contribuir para sensibilizar a sociedade sobre a importância e os benefícios da garantia do conforto ambiental e do uso eficiente de energia nas habitações de interesse social, tendo a certeza de que todos podem sair beneficiados, uma vez que a busca por soluções integradas para os problemas e desequilíbrios incidentes sobre as cidades brasileiras é condição necessária para a garantia da saúde e da qualidade de vida das populações.





# Panorama Energético Nacional





A conjuntura econômica e a evolução demográfica, relacionada à dinâmica de crescimento do número de domicílios, impactam de diversas formas na variação do consumo de energia elétrica do País. Entretanto, a influência sobre o consumo residencial não se dá apenas por meio do crescimento populacional, como também pelo nível de urbanização, pelo poder de compra de equipamentos eletroeletrônicos e pela formação de hábitos de consumo.

Boa parte destes fatores econômicos e demográficos não se manifesta de modo uniforme em todo o País, têm taxas, efeitos e influências diferentes em cada região, em cada unidade da federação ou mesmo em suas capitais e cidades.

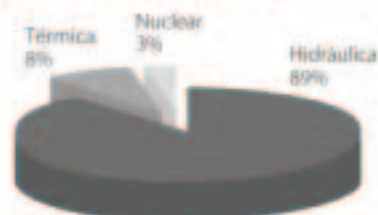
Neste capítulo, é apresentada uma visão geral do Sistema Interligado Nacional (SIN) e do comportamento do consumo de energia elétrica, relacionando-os com diversos aspectos do cenário econômico e os principais índices e tendências vinculados às projeções demográficas e de crescimento de domicílios. Como pode ser concluído, estes fatores são expostos como determinantes para o planejamento do sistema eletroenergético nacional, a universalização do atendimento elétrico e as políticas de eficiência energética em edificações.

## ESTRUTURA DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A energia elétrica, no Brasil, é de origem predominantemente hidráulica, o que leva à construção de barragens e estruturas para o aproveitamento dos rios, com conseqüente inundação de áreas para formação dos reservatórios. A geração complementar de eletricidade para atender o mercado consumidor é feita através de usinas térmicas

convencionais e nucleares. Este sistema de geração é de propriedade de diversos agentes e, atualmente, apresenta a seguinte proporção entre suas fontes (Figura 1):

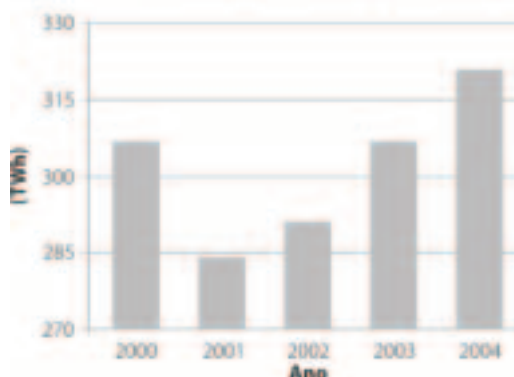
**FIGURA 1: GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 2004, NO BRASIL (FONTE: ONS)**



Para levar a eletricidade aos diversos centros consumidores, o sistema brasileiro dispõe de mais de 175 mil km de linhas de transmissão, também é multiproprietário, interligando os aproveitamentos de geração, localizados em todo o território nacional, às outras estruturas e subestações, a partir de onde a energia é distribuída para os grandes centros consumidores. Há, também, pontos de interligação com sistemas elétricos de outros países da América do Sul (BEN, 2004).

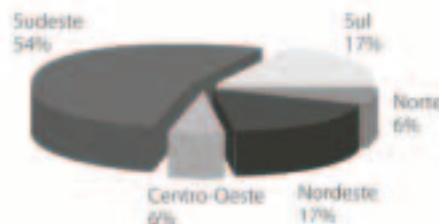
Em 2004, pela primeira vez após a crise no fornecimento de energia elétrica de 2001, o consumo de energia elétrica total fornecida (exclui a parcela de autoprodução) foi superior ao verificado antes do racionamento (Figura 2).

**FIGURA 2: CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA FORNECIDA, NO BRASIL (FONTE: EPE)**



A participação de cada região geográfica, no consumo total de energia elétrica fornecida, apresenta a distribuição representada na Figura 3, a seguir.

**FIGURA 3: PARTICIPAÇÃO DAS REGIÕES GEOGRÁFICAS NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA FORNECIDA, NO BRASIL, 2003-2004 (FONTE: EPE)**



As taxas de crescimento de 2004, em relação a 2003, no Brasil e por região geográfica (incluindo os sistemas isolados), junto com os valores consolidados de consumo de energia, estão resumidas na Tabela 1.

**TABELA 1: CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA FORNECIDA EM 2004, POR REGIÃO (FONTE: EPE)**

REGIÃO GEOGRÁFICA	CONSUMO ANUAL DE FORNECIMENTO (GWH)	TAXA DE CRESCIMENTO (2004/2003)
Norte	19.882	7,6%
Nordeste	53.683	6,0%
Sudeste	172.666	4,0%
Sul	55.322	3,2%
Centro-Oeste	19.220	5,8%
Brasil	320.772	4,5%

Os programas de universalização do atendimento elétrico levaram à ligação de um número expressivo de novos consumidores, em especial os de baixa renda. Desta forma, apesar do crescimento no consumo total de energia, no País, o consumo médio mensal por consumidor está estabilizado em um patamar inferior aos anteriores ao ano de 2000 (Figura 4), o que espelha um forte efeito residual das

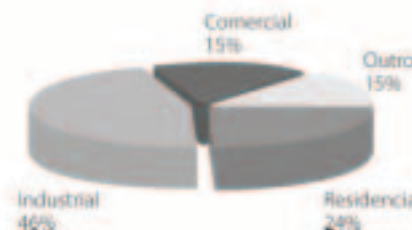
medidas de racionalização de energia e das mudanças de hábitos de consumo, incorporados após a crise energética.

**FIGURA 4: CONSUMO MÉDIO MENSAL POR CONSUMIDOR, NO BRASIL (FONTE: EPE)**



O consumo de energia elétrica pode ser dividido em classes de consumidores, quais sejam: Residencial, Comercial, Industrial e Outros (reúne as subclasses Poderes Públicos, Serviços Públicos, Iluminação Pública, Consumo Próprio e Rural). Um gráfico, resumindo os percentuais de participação destas classes, com base no consumo faturado em 2004, é apresentado na Figura 5.

**FIGURA 5: PERCENTUAL DE PARTICIPAÇÃO DAS CLASSES DE CONSUMO DE ENERGIA EM 2004, NO BRASIL (FONTE: EPE)**



Salienta-se que as classes de consumo possuem diferentes percentuais de participação, conforme a região geográfica, unidade da federação ou mesmo cidade. Da mesma forma, suas taxas são dinâmicas e o crescimento depende de vários fatores

sazonais e/ou regionais, dentre os quais os econômicos, como políticas fiscais de incentivo às indústrias ou obras de infra-estrutura, e os de caráter demográfico, como migrações internas ou crescimento populacional.

## CONSUMO DE ENERGIA FRENTE AO CENÁRIO ECONÔMICO

O crescimento do consumo de energia elétrica está vinculado às conjunturas econômicas, cujos índices e indicadores de desempenho são essenciais na análise da compreensão do mercado de energia. Neste aspecto, após a crise no fornecimento de eletricidade de 2001, houve uma retração no consumo, logo seguida de crescimentos sustentáveis, quando comparados os anos de 2002 com 2001 e de 2003 com 2002, acompanhando o crescimento do PIB. Da mesma forma, a taxa de crescimento do consumo de energia elétrica fornecida de 2004, em relação a 2003, de 4,5%, está diretamente relacionada ao incremento de 5,2% do PIB nacional (EPE, 2005).

Pela sua própria natureza, o consumo de energia da classe industrial é influenciado pelo desempenho e pelo comportamento da atividade deste setor, quer na produção de bens de capital ou na de bens de consumo. As necessidades de formação de estoques, o grau de utilização da capacidade instalada, as variações sazonais dos ciclos de produção e os contratos de exportação são apenas alguns dos fatores relacionados à atividade industrial, com reflexos sobre a energia elétrica demandada pelo setor.

A classe comercial é extremamente heterogênea, englobando diversos ramos de atividades, tais como: comércio atacadista, varejo, shopping centers, hotéis, instituições

financeiras etc., e seu desempenho também está vinculado aos aspectos econômicos. Apenas a título ilustrativo, existe uma correlação forte entre as políticas monetárias que determinam a capacidade de crédito, tanto o pessoal quanto o empresarial, o que leva a variações no volume de vendas, prestação de serviços, quantidade de clientes e horas trabalhadas nos estabelecimentos de comércio, o que, por sua vez, implica em flutuações no consumo de energia elétrica. Há, também, outros aspectos importantes relacionados a características sazonais (como festas populares, fluxos turísticos e outros) e vegetativos (p.ex.: crescimento populacional e expansão de áreas urbanas, com conseqüente aumento na demanda de bens e serviços), que influenciam o consumo de eletricidade do setor comercial (EPE, 2005).

Por sua vez, o desempenho da classe residencial está relacionado ao cenário econômico, quando visto sob a ótica dos aspectos de concessão de crédito e poder de compra de eletroeletrônicos, hábitos de consumo, programas de renda familiar e de universalização dos serviços de energia elétrica.

Na Tabela 2, a seguir, são apresentadas as taxas de crescimento do ano de 2004, em relação a 2003, para as diversas classes de consumo, discriminadas por região.

**TABELA 2: TAXAS DE CRESCIMENTO 2004/2003, DAS CLASSES DE CONSUMO, POR REGIÃO (FONTE: EPE)**

REGIÃO	CLASSES DE CONSUMO				TOTAL
	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL	OUTROS	
Norte	9,7%	5,4%	3,4%	7,9%	7,6%
Nordeste	9,9%	4,1%	4,0%	0,0%	6,0%
Sudeste	6,5%	4,5%	3,0%	-3,5%	4,0%
Sul	6,3%	4,4%	1,2%	-2,4%	3,2%
Centro-Oeste	5,6%	5,7%	4,8%	7,2%	5,8%
Brasil	7,2%	4,5%	3,0%	-1,1%	4,5%

## CONSUMO DE ENERGIA FRENTE À DINÂMICA POPULACIONAL

Em termos regionais houve aspectos importantes, nos últimos 20 anos ou mais, que revelam processos migratórios intensos entre as regiões do Brasil. Estes movimentos estão relacionados à expansão e ocupação das

fronteiras agrícolas do País, redundando em taxas de crescimento mais acentuadas nas regiões Norte e Centro-Oeste, com perda da participação das demais regiões, no total da população residente do Brasil. A Tabela 3 sintetiza as taxas de crescimento, de participação e as populações residentes, discriminadas por região do Brasil.

**TABELA 3: TAXAS DE PARTICIPAÇÃO E DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL DE 1980-2004, DAS POPULAÇÕES RESIDENTES, POR REGIÃO DO BRASIL (FONTE: IBGE)**

	POPULAÇÃO EM 1980	PARTICIPAÇÃO	POPULAÇÃO EM 2004	PARTICIPAÇÃO	VARIAÇÃO ANUAL
Norte	5.979.043	5,0%	14.217.278	7,9%	3,7%
Nordeste	35.079.308	29,3%	50.057.162	27,8%	1,5%
Sudeste	52.048.665	43,4%	76.879.530	42,6%	1,6%
Sul	19.111.689	16,0%	26.501.204	14,7%	1,4%
Centro-Oeste	7.625.409	6,4%	12.650.357	7,0%	2,1%
Brasil	119.844.114	100%	180.305.531	100,0%	1,7%

De acordo com o Censo 2000, de 1995 para o ano de 2000, houve um movimento migratório entre unidades da federação de cerca de 5,2 milhões de pessoas, com mais de 87% fixando-se em áreas urbanas, tanto oriundas de outras áreas urbanas (75% das migrações) como de áreas rurais (12,5% das migrações totais).

Ainda conforme o Censo, a área rural brasileira vem apresentando perdas populacionais, com taxa de crescimento negativa de 1,3%, de 1995 para 2000. A região Norte, exceto pelo Acre e Tocantins, apresentou saldo positivo nas entradas e saídas das áreas rurais, caracterizando a expansão das suas atividades econômicas, embora o crescimento da população urbana seja superior.

Depreende-se, assim, que as áreas urbanas das grandes cidades, notadamente das capitais estaduais, são pólos de atração aos migrantes de outras cidades menores e de áreas rurais. Este quadro deve manter-se inalterado nos próximos anos, como indicam os estudos do IBGE.

No que tange o crescimento populacional, o Censo Demográfico registra um acentuado declínio na taxa de fecundidade das mulheres entre 15 e 49 anos, nos últimos 20 anos, como sintetizado na Tabela 4, abaixo.

**TABELA 4: TAXAS DE FECUNDIDADE DAS MULHERES ENTRE 15 E 49 ANOS (FONTE: IBGE)**

REGIÃO	1980	1991	2000	VARIAÇÃO 2000/1980
Norte	6,45	4,15	3,16	-51,0%
Nordeste	6,13	3,70	2,69	-56,1%
Sudeste	3,45	2,35	2,10	-39,1%
Sul	3,63	2,52	2,24	-38,3%
Centro-Oeste	4,51	2,66	2,25	-50,1%
Brasil	4,35	2,85	2,38	-45,3%

Desta forma, os fluxos migratórios e o crescimento populacional conduzem a outro atributo com implicações diretas sobre o consumo de energia elétrica: o número de domicílios, sua distribuição geográfica e sua condição de infraestrutura.

A evolução do número de domicílios particulares, de acordo com o Censo Demográfico, apresenta um crescimento de 10 milhões, em 1950, para mais de 45 milhões, ao final do século. As taxas registradas, no entanto, foram diferenciadas, atingindo um máximo na década 70-80, com cerca de 3,6% ao ano acima do crescimento populacional. Nas duas últimas décadas, no entanto, o ritmo estabilizou-se

com um comportamento descolado ao do aumento da população.

A Tabela 5, a seguir, apresenta a evolução destes números, comparando a situação de 1980 com a de 2004. Destaca-se o crescimento das regiões Norte e Centro-Oeste, cujas participações, em termos percentuais, aumentaram com taxas superiores às da média nacional.

**TABELA 5: TAXAS DE PARTICIPAÇÃO E DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL DE 1980-2004, DOS DOMICÍLIOS PERMANENTES, POR REGIÃO DO BRASIL (FONTE: IBGE)**

	DOMICÍLIOS, EM 1980	PARTICIPAÇÃO	DOMICÍLIOS, EM 2004	PARTICIPAÇÃO	VARIAÇÃO ANUAL
Norte	1.062.146	4,2%	3.355.365	6,6%	4,9%
Nordeste	6.811.540	26,8%	12.854.300	25,3%	2,7%
Sudeste	11.796.270	46,3%	22.819.464	44,9%	2,8%
Sul	4.230.343	16,6%	8.099.596	15,9%	2,7%
Centro-Oeste	1.567.931	6,2%	3.720.094	7,3%	3,7%
Brasil	25.468.230	100%	50.848.819	100,0%	2,9%

A investigação e análise da infra-estrutura de atendimento aos domicílios particulares permanentes, tais como saneamento básico ou ligação à rede elétrica, evidencia os aspectos da qualidade de vida da população e permite traçar as políticas públicas para suprir estas deficiências. Assim, através do Censo 2000, constatou-se que os municípios com perda populacional, da mesma forma que aqueles com crescimento acima de 3% ao ano, são os que dispõem da infra-estrutura mais precária, notadamente no que tange o abastecimento de água e saneamento básico. Em ambos os casos, o potencial de crescimento do consumo de energia elétrica é significativo, colocando tanto os municípios mais pobres, quanto os de forte expansão demográfica, em situação de prioridade para o acesso à rede elétrica.

Por outro lado, o indicador habitante por domicílio, que é calculado como a razão entre a população total e o número de domicílios particulares permanentes ocupados, vem apresentando trajetória decrescente a partir da década de 1970, regredindo de uma taxa

superior a 5 habitantes por domicílio para cerca de 3,7 habitantes por domicílio, no Censo 2000. Este dado reflete, de certa forma, novos hábitos e costumes, onde as famílias recém-formadas buscam sua independência domiciliar.

Acrescente-se a todos estes indicadores de crescimento populacional, movimentos migratórios e estruturas domiciliares, o déficit habitacional brasileiro, ora estimado em 7,2 milhões de residências e com trajetória ascendente. Tem-se, além de uma visão mais clara do problema da habitação no Brasil, uma dimensão mais aproximada do potencial de aumento do consumo residencial de energia elétrica que pode ser agregado ao já existente (Ministério das Cidades, 2004).

Do ponto de vista do Planejamento da Expansão do Sistema Interligado Nacional, não só o correto dimensionamento das redes de transmissão e distribuição de energia e a construção de novas estruturas para interligação e para geração, como também as políticas para o uso mais eficiente da energia



elétrica devem sempre atender às necessidades das diversas classes de consumo e a universalização do acesso à rede elétrica.

## POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES

Os estudos de dimensionamento do Sistema Interligado Nacional, embora admitindo reduzidos riscos probabilísticos de déficit no atendimento ao consumo, é feito a partir dos valores de maior impacto, das condições mais desfavoráveis de carregamento médio (energia) e máximo (demanda) das estruturas de geração, transmissão e distribuição.

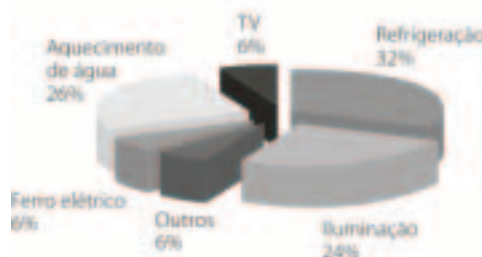
Com base nestas premissas são estabelecidos os indicativos de necessidades de novos investimentos na infra-estrutura, a partir dos quais são realizados os leilões e licitações de novas obras que atendam à expansão do mercado de energia elétrica.

Uma outra via alternativa à expansão do sistema elétrico é a do uso mais racional dos recursos energéticos, por meio da disseminação de hábitos, práticas e técnicas que conduzam à economia de eletricidade nos diversos setores da sociedade brasileira, sem implicar em prejuízos para a produção industrial, às necessidades do comércio e setores públicos e ao conforto do consumidor residencial.

Como parâmetro, os investimentos requeridos para a redução de 1 kW na demanda de energia elétrica correspondem à terça parte dos custos de implantação de novos aproveitamentos para a geração deste mesmo kW. Os benefícios são ainda maiores, se quantificados os custos sociais decorrentes do alagamento de terras produtivas, no caso de construção de barragens, ou dos riscos ambientais associados às usinas térmicas convencionais ou nucleares.

Estima-se que cerca de 48% de toda a energia elétrica consumida no Brasil tenha origem nas necessidades de atendimento ao conforto interno das edificações, seja na forma de iluminação artificial, ventilação ou condicionamento de ar forçados, que são comuns à indústria, comércio ou residências, ou nos usos mais específicos às habitações, caso dos aparelhos eletrodomésticos ou do aquecimento de água. A Figura 6, a seguir, discrimina os percentuais de uso final de energia elétrica, no consumo residencial.

**FIGURA 6: PERCENTUAIS DE USO FINAL DE ENERGIA, EM CONSUMIDORES RESIDENCIAIS, NO BRASIL (FONTE: PROCEL)**



O potencial de conservação de energia elétrica em edificações já construídas chega a 30%, quando corretamente diagnosticados os pontos a serem melhorados e adotados todos os recursos técnicos e medidas para economia no consumo (PROCEL, 2005).

Por outro lado, caso as técnicas e preceitos para um melhor aproveitamento dos recursos sejam adotados desde a fase de projeto, como ventilação e iluminação naturais e energia solar, além dos sistemas construtivos e materiais adequados à região bioclimática onde a edificação será construída, o potencial de economia de energia é ainda maior, atingindo cerca de 50%, comparativamente a edificações semelhantes, que não adotem as mesmas premissas arquitetônicas.

Como uma abordagem simplificada do potencial técnico-teórico de economia de



energia elétrica nas habitações, considere-se a utilização dos chuveiros elétricos nas residências a serem construídas para suprir o déficit habitacional brasileiro. Tomando por base o consumo médio residencial de 140 kWh/mês e considerando que 26% do uso final de toda a energia elétrica do consumo residencial é destinado ao aquecimento de água e, por fim, com a hipótese básica de que apenas 50% das 7,2 milhões de habitações relativas ao déficit brasileiro pudessem dispor de sistemas de aquecimento solar, tem-se o seguinte cálculo:

- a) Consumo total de energia elétrica mensal nas 7,2 milhões de habitações:  

$$\text{Energia} = 7.200.000 \times 140 \text{ kWh/mês} = 1.008 \text{ GWh/mês}$$
- b) Consumo de energia para aquecimento de água em metade destas residências:  

$$\text{Consumo para o aquecimento de água} = 1.008 \text{ GWh/mês} \times 26\% \times 50\% = 131 \text{ GWh/mês}$$
- c) Consumo de energia total anual evitado =  

$$131 \text{ GWh/mês} \times 12 \text{ meses} = 1.572 \text{ GWh/ano}$$

Este montante de 1.572 GWh/ano é comparável ao consumo total anual do estado de Alagoas, e poderia ser revertido em novas ligações com a rede elétrica, beneficiando comunidades ainda não atendidas.

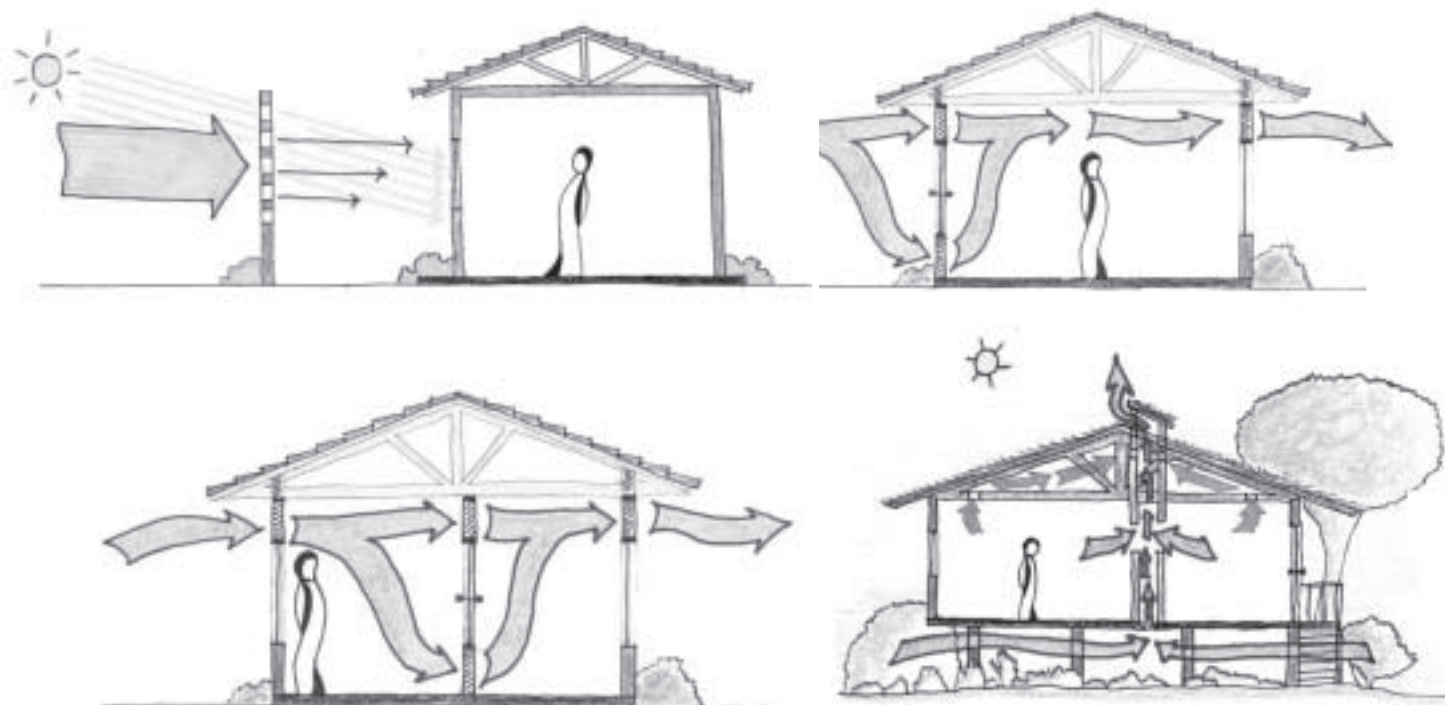
Os estudos de implantação de medidas de conservação de energia também abordam a viabilidade financeira do projeto, analisando a adoção (ou não) de diversas soluções técnicas possíveis para uma mesma situação diagnosticada, comparando seus investimentos e confrontando-os a seus respectivos custos evitados, pela energia economizada.

Assim, a expectativa de projetar e construir as habitações de interesse social, aliando os princípios e técnicas arquitetônicas para

aproveitamento do clima local, permite o uso mais criterioso dos recursos naturais e da própria energia elétrica. Adicionalmente, abre-se uma perspectiva para o aumento da renda familiar, não apenas pelo aspecto de redução dos gastos com energia elétrica, mas como pela possibilidade de geração de novos empregos, com um mercado para profissionais de instalação e manutenção de equipamentos, sistemas e materiais ligados à eficiência energética em edificações.



# Reflexões sobre o segmento das habitações de interesse social e seu papel na eficiência energética





No Brasil, a questão da habitação emerge, enquanto problema social, já nos fins do século XIX, com o crescimento da taxa de urbanização nas cidades. As primeiras manifestações governamentais são de caráter higienista, com estímulo à atividade privada para a construção de novas habitações, dentro desta nova visão.

Nesse período, as habitações eram, em sua maioria, cortiços e vilas operárias. A partir de 1964, o Estado consolida o seu papel de promotor e articulador de interesses econômicos diversos e de regulador de um sistema de crédito, tendo como solução construtiva o grande conjunto habitacional popular, adotado como paradigma em todo o país.

As formulações mais recentes de governo apresentam proposições acerca da necessidade de investimentos, não só na proposição da oferta, mas também na melhoria das habitações já construídas e do seu entorno, e na modificação das condições mais gerais de vida dos moradores, como emprego e renda. Admite, inclusive, que é importante considerar os aspectos culturais, a especificidade de cada lugar e as expectativas diferenciadas das famílias quanto à sua residência.

É deste período que emergem as questões referentes à produção de “assentamentos humanos sustentáveis”, tornando-se uma das pautas de discussão presentes nas agendas municipais, estaduais e nacionais. Praticamente todas as agências de habitação, sejam elas estaduais ou municipais, atuando na produção habitacional, possuem na sua legislação um artigo que caracteriza o tipo de habitação que se pretende produzir, como no exemplo a seguir.

*“Art. 5º - A AGH (Agência Goiana de Habitação), nos seus projetos e empreendimentos habitacionais, tanto nas cidades como na zona rural:*

*I - valorizará os materiais e as tecnologias locais, com ênfase para aquelas que priorizem o conforto ambiental da habitação, combinado com a redução de seus custos.” (AGH, 1999)*

Uma habitação de interesse social apenas difere de outra habitação pela pouca disponibilidade financeira de seus moradores. As necessidades são as mesmas, mas, em função do objetivo de minimizar os custos de investimentos, os espaços são reduzidos e os projetos são simplificados.

A proporção da eficiência energética em Habitação de Interesse Social (a partir de agora denominada HIS) é uma política pública relevante e que, quando comparada economicamente a outras políticas (considerando-se os aspectos financeiros e também os sociais e ambientais), deve ser priorizada, pois inclui valores como a redução do consumo e da geração de energia, a preservação dos recursos ambientais e a proteção da saúde, qualidade de vida e conseqüente produtividade da população.

No entanto, esta não tem constituído uma prática comum. É recorrente a reprodução de tipologias de arquitetura sem uma preocupação maior com especificidades regionais. Assim, uma mesma tipologia é adotada em cidades com características distintas, sendo desconsideradas as diversidades socioeconômicas, culturais, climáticas e tecnológicas entre as diferentes regiões do Brasil, o que resulta em construções de baixa qualidade construtiva que não atendem às necessidades de seus usuários (TAKEDA, 2005). Este fato não se deve somente a uma reprodução de modelos indeterminada, mas também, à ausência de um conhecimento e sistematização de informações sobre características climáticas regionais e sua relação com algumas estratégias que

garantam o conforto ambiental e o uso eficiente de energia nessas edificações, conforme será visto em capítulo específico.

A elaboração de projetos de HIS, adequados ao clima e às características locais, não representa apenas um benefício aos moradores destas edificações, mas um projeto maior, de âmbito nacional e cujo objetivo é a melhoria dos assentamentos humanos e, principalmente, da qualidade de vida nas cidades brasileiras.

Este objetivo encontra-se já estabelecido na Agenda 21 e também nos compromissos assumidos pelos municípios na Agenda Habitat para a provisão de uma “moradia adequada a todos” e a criação de “assentamentos humanos sustentáveis”. A relevância deste trabalho encontra-se representada nas entrelinhas dos seguintes objetivos assumidos:

*“40 - (f) Promover métodos de construção e tecnologias disponíveis, apropriadas, a custos acessíveis, seguros, eficientes e ambientalmente corretos, em todos os países, especialmente nos em desenvolvimento, em níveis local, nacional, regional e sub-regional, que enfatizem a otimização do uso de recursos humanos locais e estimulem métodos de economia de energia e que protejam a saúde humana.”*

*“85 - (g) Acesso a fontes de energia sustentáveis.”*

*“90 - (h) Oferecer incentivos a engenheiros, arquitetos e empreiteiros, bem como seus clientes, para projetar e criar estruturas e equipamentos acessíveis e de baixo consumo de energia por meio da utilização de recursos localmente disponíveis e para reduzir o consumo de energia nas edificações em uso.” (FERNANDES, 2003).*

Este caderno objetiva auxiliar o atendimento desta demanda, na medida que

esboça questões que permitem a qualquer agente envolvido na produção da HIS reconhecer as características climáticas específicas do lugar no qual pretende projetar. Pretende ainda relacionar estratégias de intervenções arquitetônicas, urbanísticas e construtivas adequadas às características locais identificadas, tendo em vista as diferenças culturais, regionais e até mesmo orçamentárias nas diversas regiões do país.

Com este objetivo, são traçadas aqui algumas linhas de orientação geral para os elementos projetuais mais significativos — paredes, coberturas, aberturas, implantação — de modo a atender às características ambientais conhecidas na região e ao perfil do usuário.

## DIRETRIZES DE PROJETO PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

A melhor eficiência energética de uma habitação, seja ou não de interesse social, é alcançada sempre que o binômio “necessidade do usuário-oferta de qualidade” da edificação é otimizado. Isto implica na busca de soluções de projeto arquitetônico com o maior grau de individualidade possível.

Significa conhecer a rotina do público-alvo e a região em que estas habitações serão inseridas, além de utilizar os conceitos bioclimáticos e as tecnologias já disponíveis. Conseguimos, assim, realçar as vantagens encontradas em determinado local e corrigir ou diminuir os incômodos existentes e previsíveis.

Conjugando este conhecimento e oferecendo alguma liberdade de ajuste por parte do usuário — janelas com alternativas para obscuridade, iluminação, períodos chuvosos, inverno ou verão —, é possível imaginar a obtenção de uma edificação ainda melhor para aquele morador.

É ainda possível reunir várias localidades, com semelhanças de altitude, umidade, temperatura, sazonalidades, regime de chuvas etc., em zonas que possuam as mesmas disponibilidades ambientais para recomendar um determinado tipo de projeto. São as chamadas zonas bioclimáticas, ou seja, zonas cujas características climatológicas se assemelham o suficiente para que se possam traçar diretrizes comuns.

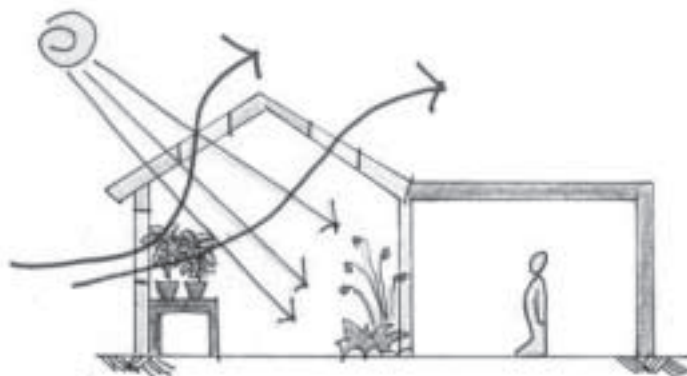
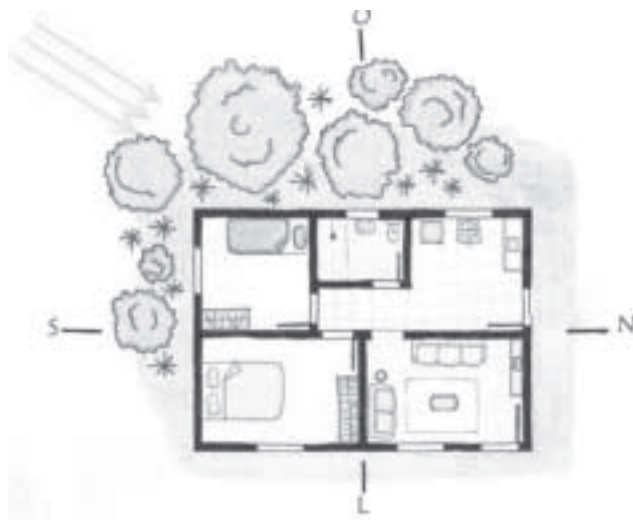
O resultado deverá ainda, para ser satisfatório, ser trabalhado em função das especificidades culturais locais que fornecem os materiais e sistemas construtivos mais adequados, com maior sustentabilidade de manutenção e permitindo futuras ampliações.

Em alguns países, como Portugal e França, a reunião destas diretrizes já se dá — em termos de legislação — em função da semelhança de algumas regiões climáticas. Portugal foi o último país da Comunidade Econômica Européia a determinar o uso de uma regulação para melhorar o desempenho térmico e energético de seus edifícios, e este data de 1990. Já a primeira norma norte-americana neste sentido data de 1972, e se transformou em lei federal em 1992. No Brasil, entretanto, o que se dispõe atualmente é apenas norma voluntária – ABNT NBR 15.220-3, aprovada em 2005.





# Conceitos básicos de projeto e zoneamento bioclimático brasileiro





A habitação possui requisitos distintos para os ambientes, em função de rotinas de uso comuns, e outros que variam culturalmente ao longo das regiões brasileiras, podendo ser identificados pelo arquiteto do empreendimento, dentre eles, destacam-se:

- A rotina do sono, que requer níveis reduzidos de ruído, aceitáveis de temperatura, umidade, renovação de ar e de obscuridade;
- A rotina da preparação da comida, feita no interior, na zona de alpendre ou varanda ou no exterior, que requer índices maiores de luminosidade e de renovação de ar, além de uma fonte energética para cocção;
- A do asseio, que conjuga níveis de luminosidade a uma renovação de ar de caráter controlado, além de fonte energética de aquecimento de água;
- As sociais, do estudo, da leitura e da conversa, cujos requisitos permeiam os valores colocados acima, mas que podem possuir certos conflitos de proximidade (como assistir televisão e estudar).

Neste contexto, a interface que uma edificação e seu entorno fazem com o microclima externo e as condições internas da habitação podem ser divididas, do ponto de vista do tema eficiência energética, em HIS, em:

- Fonte de aquecimento ou resfriamento;
- Fonte de umidificação;
- Fonte de incremento/redução de renovação do ar;

- Fonte de aproveitamento da radiação solar existente para fins de aquecimento de água;
- Fonte de iluminação natural;
- Fonte de ruído, levando o morador ao fechamento de vãos de abertura não permanentes.

Procura-se, por meio de estratégias de arquitetura bioclimática, a serem detalhadas, auxiliar a identificação dos recursos ambientais externos e, conhecendo-se as necessidades do indivíduo daquela região, propô-las, de modo a otimizar as benesses e restrições do exterior com os requisitos do interior, via soluções objetivas de projeto de arquitetura. Ao se melhorar as condições de conforto, haverá redução do consumo de energia e a demanda por equipamentos eletromecânicos para este fim também diminuirá.

É importante entender que a escolha das estratégias também deve ser feita em função do período de ocupação dos ambientes ao longo do dia e das estações. O período de ocupação possui igual importância na concepção do projeto de arquitetura bioclimática em termos, sobretudo, da organização dos ambientes em função da orientação solar e da definição de beirais e espessuras de fachadas, segundo o clima em que sejam construídos.

As figuras seguintes ilustram os diferentes mecanismos de troca de calor que ocorrem nas faces externas e internas da edificação e exemplifica a disposição dos cômodos, em função do período de ocupação.

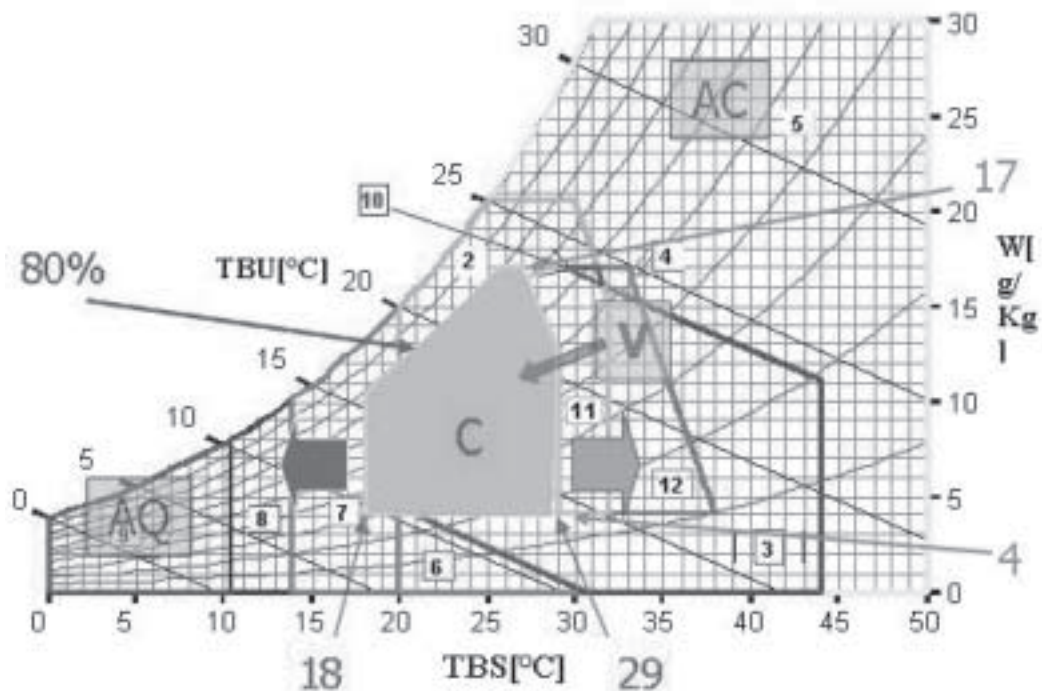
**FIGURAS 7 E 8: O PERÍODO DE OCUPAÇÃO E A DISPOSIÇÃO DOS AMBIENTES**



Dando continuidade a trabalhos anteriormente desenvolvidos pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, adotam-se, nesta publicação, as estratégias mundialmente reconhecidas do Prof. Baruch Givoni,

adaptadas em 1994, para países em desenvolvimento (Givoni, B. [1992]. O diagrama abaixo e as legendas das estratégias sugeridas formam a base conceitual do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2005) e deste trabalho.

**FIGURA 9: DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE GIVONI (1992)**  
**FONTE: GIVONI, IN LAMBERTS ET ALII**



**Legenda:**

**Zona Estratégias**

- 1 Conforto higrotérmico
- 2 Ventilação
- 3 Resfriamento evaporativo
- 4 Massa térmica para resfriamento
- 5 Ar-condicionado
- 6 Umidificação
- 7 Massa térmica e aquecimento solar
- 8 Aquecimento solar passivo
- 9 Aquecimento artificial
- 10 Ventilação + massa térmica para resfriamento
- 11 Ventilação + massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo
- 12 Massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo

Além dos dados de temperatura e umidade, é igualmente importante o conhecimento adequado de outras condições meteorológicas — disponibilidade de ventos, radiação solar, índice de nebulosidade, altitude, pressão do ar e outros parâmetros — conjugando-os aos limites de aplicação das principais estratégias bioclimáticas, vernaculares ou não, referenciadas na bibliografia corrente e consolidadas na pesquisa. (GIVONI)

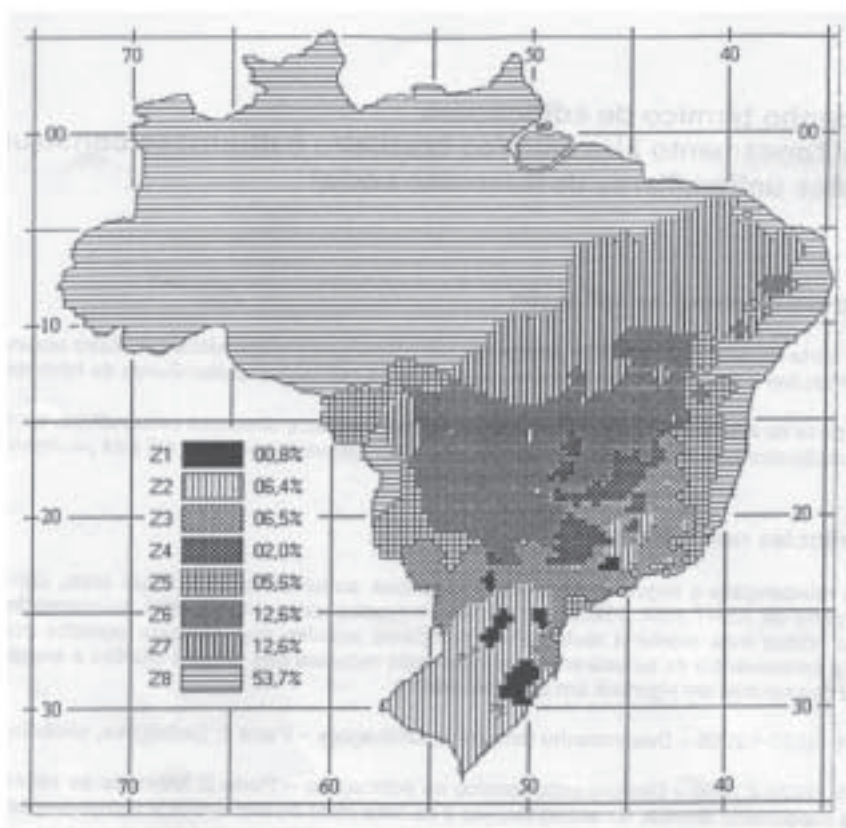
## ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

O Zoneamento Bioclimático de um país tem por objetivo ser um instrumento facilitador da escolha das estratégias de projeto de arquitetura que aproveitem das benesses dos diversos climas para atender às necessidades de conforto dos moradores.

Em alguns países de menor porte, como Portugal e França continental, a reunião das diretrizes bioclimáticas para habitações já se dá em termos de legislação e em função das semelhanças climáticas. Em Portugal, por exemplo, com um território pequeno, foram definidas nove zonas distintas para gerar diretrizes para suas construções residenciais.

O primeiro passo no sentido de normatizar um zoneamento bioclimático brasileiro foi apresentado na norma ABNT NBR 15.220-3, aprovada em 30 de maio de 2005, que definiu oito zonas bioclimáticas e recomendou as primeiras diretrizes de projetos para as mesmas. Embora o Brasil conte com 5.560 municípios (IBGE, 2001), foram utilizados dados de 330 estações climáticas não igualmente distribuídas no território nacional, considerando a temperatura e a umidade média do ar.

**FIGURA 10: ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO SEGUNDO A ABNT NBR 15.220-3:2005**



A seguir são apresentadas as informações do potencial eólico de uso para edificações, essencial na escolha das estratégias ligadas à renovação do ar. Pelo mapa é possível

observar que cidades como Manaus, Belém e Vitória possuem diferentes disponibilidades de vento e, portanto, merecem um tratamento diferenciado na adoção das estratégias.

**FIGURA 11: ZONEAMENTO BRASILEIRO EM FUNÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA UTILIZAÇÃO EM HIS – EDIFICAÇÕES COM RENOVAÇÃO DE AR A 1,5 M E 6 METROS DO SOLO**



REGIÃO		PORÇÃO DA REGIÃO	V VENTO (M/S) A 1,5M	V VENTO (M/S) A 6M
	Bacia Amazônica	Geral	<0,53	<1,7
	Ocidental e Central	Norte	2,2 - 3,3	3,7 - 5,5
	Bacia Amazônica	Geral	<0,8	<1,9
	Oriental	Elevações	1,8 - 2,0	4,0 - 5,0
	Zona Litorânea -	Norte	1,4 - 2,0	4,2 - 6,3
	Nordeste	Sul	2,6 - 3,9	4,4 - 6,6
	Zona	Norte	2,5 - 2,9	4,7 - 5,3
	Litorânea	NE(RJ), S(ES)	3,1 - 4,7	4,2 - 6,0
	Nordeste -	Rio(RJ)	-	1,4
	Sudeste	Serra do Mar	0,67	3
	Elevações Nordeste -	Centro e Sul	1,6 - 2,0	3,6 - 4,5
	Sudeste	Geral	1,5 - 2,0	3,1 - 4,2
	Planalto	Norte	1,1 - 1,5	1,8 - 2,5
	Central	Sul	1,8 - 2,2	3,1 - 3,7
	Planaltos	Geral	1,4 - 1,7	3,0 - 3,6
	do	Elevações	1,8 - 2,0	3,8 - 4,4
	Sul	Litoral Sul	>3,0	>4,6

Como o projeto de uma habitação, incluindo HIS, não pode dispensar as vantagens oferecidas pelos diversos climas, nem negligenciar seus períodos de maior hostilidade, foi feito um primeiro estudo da disponibilidade de ventos para as alturas de ocorrências necessárias às edificações de pequeno porte (1,5m e 6m), baseado no potencial eólico apresentado no Atlas Eólico Brasileiro de 1990 (AMARANTE, 2005). A metodologia de cálculo encontra-se detalhada em anexo.

Desta forma propõe-se que, o arquiteto, após ter identificado na norma em qual Zona Bioclimática o seu projeto se localiza, passe ao zoneamento eólico para verificar a disponibilidade eólica.

Para efeito do trabalho aqui apresentado, as zonas de disponibilidade eólica acima descritas, quando acopladas às zonas bioclimáticas da norma ABNT NBR 15.220-3, formam o que chamamos de macrozonas bioclimáticas, e os dois mapas, juntos, permitem uma primeira

compreensão das disponibilidades climáticas brasileiras, que devem ser associadas à elaboração do projeto de arquitetura. Propõe-se, também, que um microzoneamento seja realizado após essa fase, para incorporação das especificidades de cada local.

Para maior visibilidade do que foi apresentado, a figura a seguir exemplifica a superposição da Zona Bioclimática 8 (Z8), da NBR 15.220-3, ao mapa de potencial eólico. Como proposto, percebe-se que a antiga homogeneidade bioclimática entre as cidades de Manaus, Belém e Vitória se desfaz, face à simples inclusão do critério da disponibilidade eólica. De toda forma, é sempre bom salientar, dada a complexidade do tema, que mesmo com este aperfeiçoamento, os ajustes das estratégias aqui propostas e suas eventuais interações, permanecem sendo objeto de estudo técnico desenvolvido por arquitetos ou conhecedores da realidade local, habilitados nas questões de bioclimatismo e eficiência energética em edificações.

**FIGURA 12: EXEMPLO DE SOBREPOSIÇÃO DO MAPEAMENTO EÓLICO AO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO**





### **O MICROZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A ESCOLHA DAS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS LOCAIS**

As especificidades do local de implantação do empreendimento podem modificar a intensidade e a perenidade de algumas decisões, bem como gerar novas relações de projeto.

Empreendimentos em locais de grande altitude, em regiões de áreas densamente urbanizadas, em faixas de influência de grandes massas de água, em encostas, entre outros, oferecem particularidades que merecem ser exploradas para um melhor desempenho global da edificação. A próxima

seção apresenta algumas das principais estratégias de arquitetura bioclimática.

Um mesmo município pode possuir regiões que se inseririam em zonas climáticas distintas, caso a escala fosse maior. Por exemplo, o município do Rio de Janeiro, de apenas 1.182,3 km<sup>2</sup>, possui regiões de grande densidade urbana em baixadas, mas também em encostas. Possui também regiões com características de altitude e outras de planícies à beira-mar e, ainda, regiões de planícies com grande densidade urbana próximas a grandes massas d'água, como observamos nas fotos ilustrativas a seguir.

Surge então a necessidade evidente de um microzoneamento que responda à percepção de como a gente do lugar entende a realidade local.

**FIGURAS 13 E 14: REGIÕES COM CARACTERÍSTICAS DE BAIXADA E DE ENCOSTA**



**FIGURA 15: REGIÕES COM CARACTERÍSTICAS DE ALTITUDE**  
**FONTE: AVENTURE-SE.IG.COM.BR/.../ 2/51-CENTRAL.HTML**





**FIGURA 16: REGIÕES COM CARACTERÍSTICAS DE PLANÍCIES COM GRANDE DENSIDADE URBANA PRÓXIMAS A GRANDES MASSAS D'ÁGUA**  
**FONTE: JP.DOUIZE.ORG/PHOTOS/ MAIN.PH**



Estratégias distintas precisam, portanto, ser utilizadas quando da concepção da edificação, incluindo implantação, para locais da mesma macrozona bioclimática, para permitir o devido aproveitamento das potencialidades microclimáticas e subsequente bom desempenho energético.

Assim, para melhor entender o microclima do local do empreendimento, ou ajudar em sua definição, foi montado um questionário, apresentado ao final deste capítulo, para fazer os ajustes acima. A resposta de interesse é relacionada com o local específico onde será realizada a construção e, mesmo que o leitor não disponha dos dados climáticos de medição, é importante responder, ainda que de uma forma empírica ou subjetiva, já que os dados gerais da cidade não correspondem às características microclimáticas locais.

As perguntas do questionário são baseadas no diagrama bioclimático, proposto por Givoni (1992), bem como na avaliação da

disponibilidade de ventos no local, incluindo frequência, intensidade e direção dos ventos.

Assim, deve-se primeiro responder sobre a existência ou não de ventos no exato local onde a habitação será construída. Observe que este local pode ter características diferentes do resto da cidade, em função da proximidade a relevos, adensamentos urbanos, massas d'água, pedreiras, etc., portanto, as respostas são específicas. A seguir, responder sobre a umidade e a temperatura do ar. No cruzamento dessas duas respostas serão encontradas as indicações das estratégias a serem adotadas.

Deve ser observado, ainda, que algumas vezes haverá necessidade de se dar duas diferentes respostas, em função de características climáticas que variam ao longo do ano. O arquiteto deverá estar atento a esse fato, pois ele terá como respostas um elenco maior de estratégias bioclimáticas que serão úteis em diferentes períodos. Deve-se procurar o balanceamento da solução adotada no projeto.

As estratégias arquitetônicas obtidas, ao se responder o questionário, são descritas no próximo capítulo. Por fim, salienta-se que foram acrescentadas às estratégias propostas por Givoni o uso da luz natural e do sombreamento, fatores que também são preponderantes quando se visa proporcionar conforto com menor uso de energia elétrica.

**TABELA 6: QUESTIONÁRIO PARA O AUTOMICROZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO**

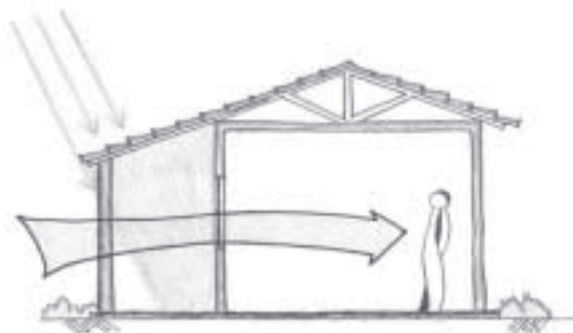
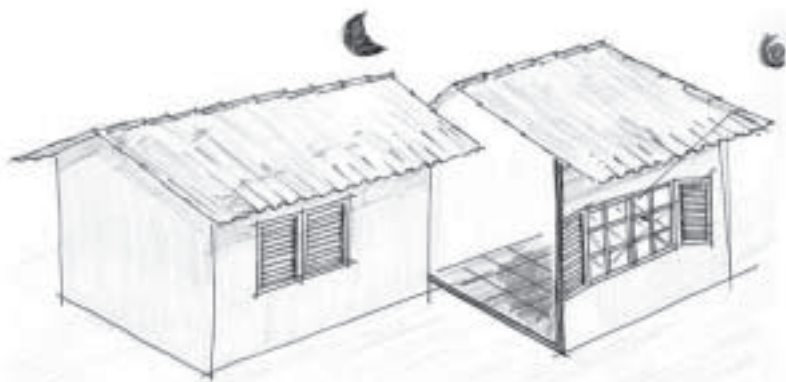
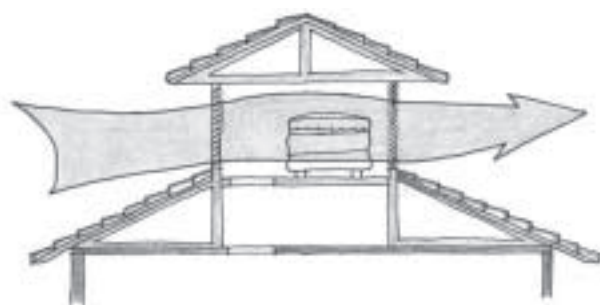
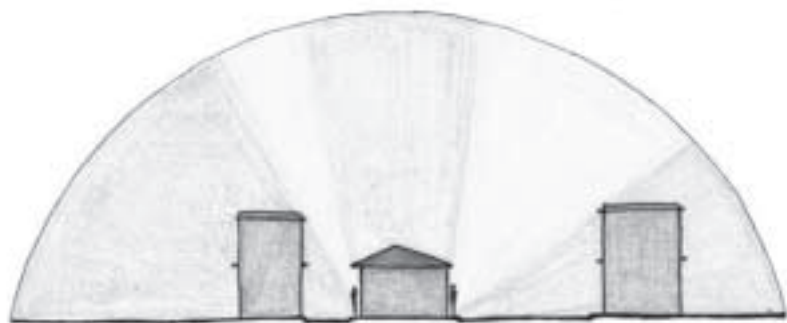
	PERGUNTAS SOBRE ASPECTOS DO CLIMA LOCAL AO LONGO DO ANO	DEFINIÇÕES MAIS PRECISAS	HÁ VENTOS NO LOCAL.			NÃO HÁ VENTOS		
			É ÚMIDO?	ALTERNA PERÍODOS ÚMIDOS E SECOS?	É SECO?	É ÚMIDO?	ALTERNA PERÍODOS ÚMIDOS E SECOS?	É SECO?
Temperatura: Quente x Frio	O local é extremamente <b>frio</b> ?	Temperatura mínima mensal abaixo de 10,5°C	2,8,9, 10,12	2,7,8 9,10,12	2,7,8,9 10,12	2,8,9, 10,12	2,7,8, 9,10,12	2,7,8, 9,10,12
	O local é <b>frio</b> ?	Temperatura mínima mensal entre 10,5°C e 14°C	2,8,10, 12	2,8,10, 12	2,7,8, 10,12	2,8,10, 12	2,7,8, 10,12	2,7,8, 10,12
	O local tem temperaturas <b>de conforto</b> ?	Temperatura entre de 18°C e 29°C	2,10	2,10	2,6,10	1,2,10	1,2,10	1,2,6,10
	O local é <b>quente</b> ?	Temperaturas entre 29°C e 36°C	1,2,10,11	2,10,11	2,4,6,10, 11	1,2,10,11	1,2,3,4, 10,11	1,2,3,4, 6,10,11
	O local é muito <b>quente</b> ?	Temperatura máxima acima de 36°C	1,2,5, 10,11	2,5,10, 11	2,4,5,6, 10,11	1,2,5,10, 11	1,2,3,4, 5,10,11	1,2,3,4, 5,6,10,11

**ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS**

**Legenda:**

1. Ventilação permanente
2. Ventilação controlada
3. Resfriamento evaporativo
4. Massa térmica para resfriamento
5. Resfriamento ativo
6. Umidificação
7. Massa térmica para aquecimento
8. Aquecimento solar passivo
9. Calefação
10. Iluminação natural
11. Sombreamento
12. Ventilação higiênica

# Estratégias para conforto ambiental e eficiência energética





Neste capítulo, são sugeridas algumas estratégias arquitetônicas que buscam trazer para o universo do arquiteto um repertório de soluções variadas, na construção de edificações adequadas ao clima local. Estas soluções foram extraídas da observação da arquitetura vernacular e da relação bibliográfica consultada.

Dada a complexidade da interação entre as estratégias, torna-se imprescindível o conhecimento específico do local e de suas especificidades para o uso das mesmas.

Foram estabelecidas estratégias básicas para locais quentes e locais frios. Onde a umidade puder ser um fator de restrição, diretrizes específicas são mencionadas. Entretanto, muitos municípios lidam com a gestão de climas mistos. Neste caso, onde um estudo individualizado se faz mais que nunca necessário, uma diretriz preliminar indicaria privilegiar as estratégias de ventilação permanente em climas quentes para as decisões de grande escala, como o projeto do loteamento, e controlar o acesso aos ventos quando se tratar da ocupação do lote, da forma da casa e do projeto de esquadrias.

Do ponto de vista de insolação, por exemplo, a estratégia seria inversa: o projeto do loteamento previria o acesso ao sol para a situação climática de maior necessidade – o inverno – e as decisões arquitetônicas ligadas à ocupação do lote, forma da habitação etc., teriam o papel de conciliar as exigências para ocasiões de calor e frio.

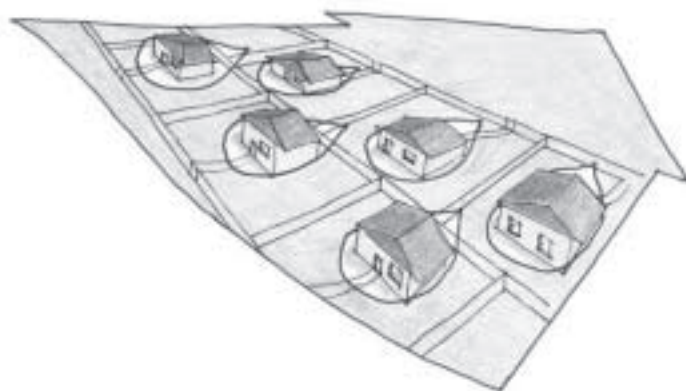
## VENTILAÇÃO PERMANENTE

A ventilação permanente nas habitações é necessária à manutenção da qualidade de ar e à exaustão dos gases e odores produzidos na cozinha e banheiros. No entanto, quando o local onde será construída a edificação for frio, as estratégias de ventilação permanente devem ser adotadas com cautela, visando principalmente promover a renovação do ar, de forma a não causar desconforto aos seus moradores.

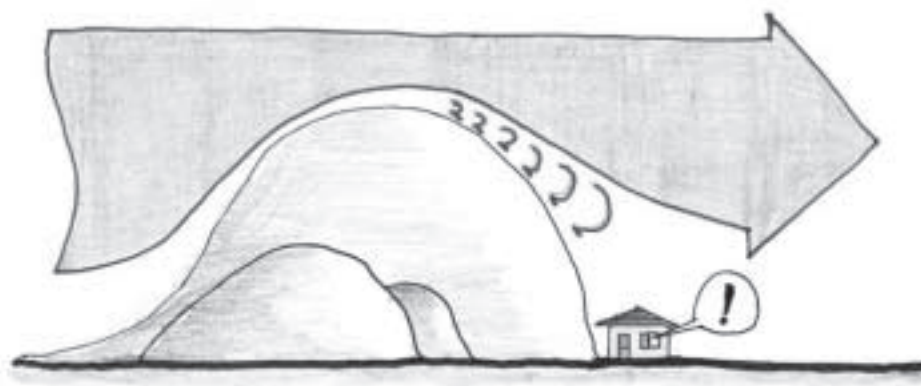
Por outro lado, sempre que este local for quente e úmido e sem ventos, é de extrema importância adotar as estratégias de ventilação permanente, visando amenizar o calor e melhorar o conforto térmico das habitações em todas as horas do dia.

### **Quanto ao projeto do loteamento:**

*a. Projetar loteamento com divisas descontínuas, facilitando a passagem dos ventos entre as habitações, que também devem ser desalinhadas.*



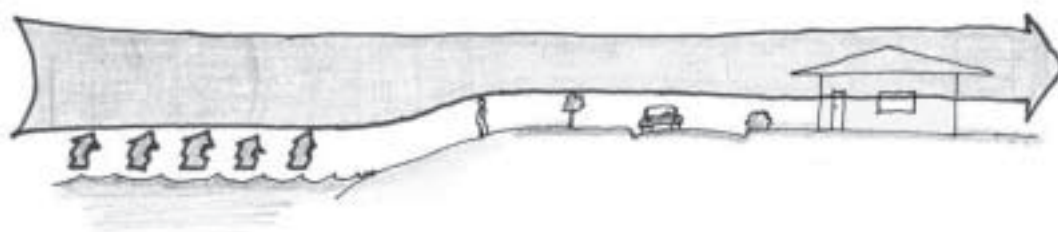
**b.** Em locais de clima quente, evitar o sopé de morros para localização dos lotes residenciais.



**c.** Já nos casos de clima frio e respeitando a orientação para fins de insolação e a densidade urbana do local, evitar os cumes dos morros na localização dos lotes residenciais.



**d.** Para locais quentes sem problemas de umidade alta, não obstruir os eventuais acessos de lagos, mares e rios. Projetar traçados de vias que permitam o fluxo de ar vindo dos corpos d'água.



**e.** Para locais frios, controlar os eventuais acessos de lagos, mares e rios, o que pode ser feito com vegetação densa. Projetar traçados de vias que permitam o acesso à insolação, mas que não incrementem o fluxo de ar vindo dos corpos d'água.

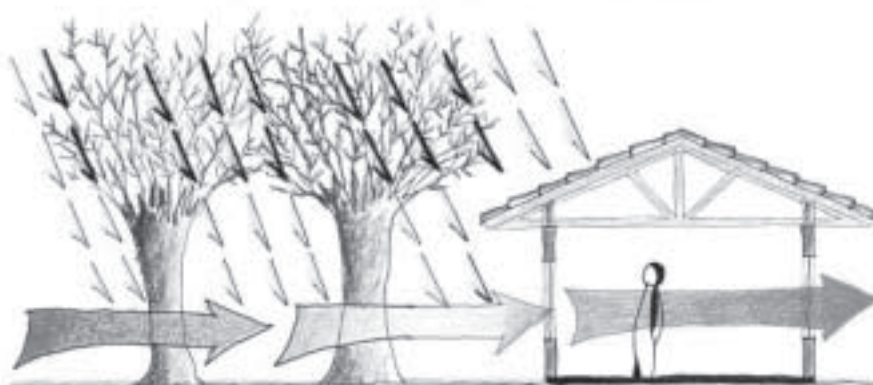


**f.** Em climas quentes, plantar árvores de tronco alto na direção dos lotes para permitir a permeabilidade do vento e reduzir a temperatura do mesmo. Pode também ser usada alguma espécie que permita a poda de galhos baixos mantendo a copa larga e alta.

Em locais de clima frio, preferir árvores de espécies caducas, que perdem as folhas no inverno. Desta maneira, o acesso dos raios baixos de sol no inverno à edificação estará garantido.

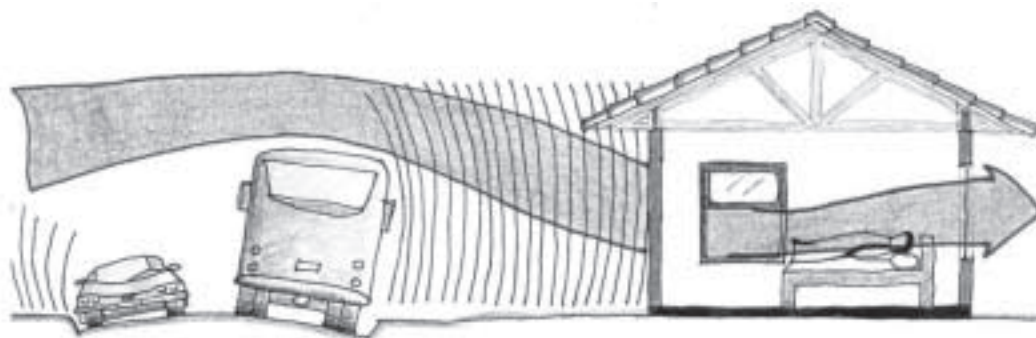
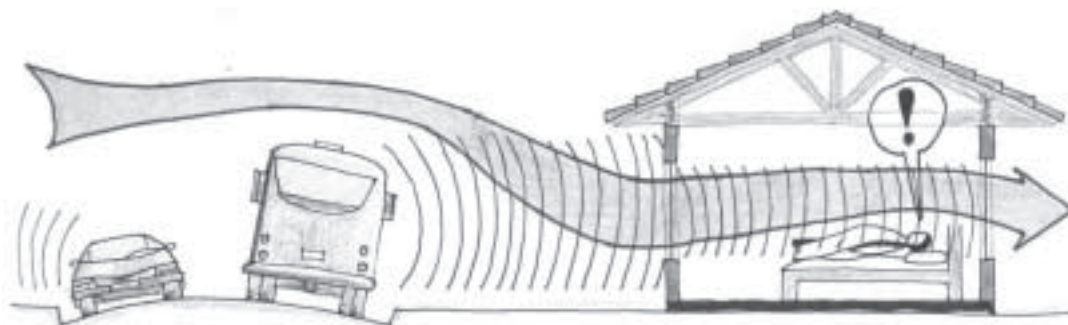


**g.** Revestir o solo predominantemente com cobertura vegetal. As áreas de estacionamento de veículos devem ser previstas fora da origem dos ventos quando estes forem na direção das janelas da edificação.

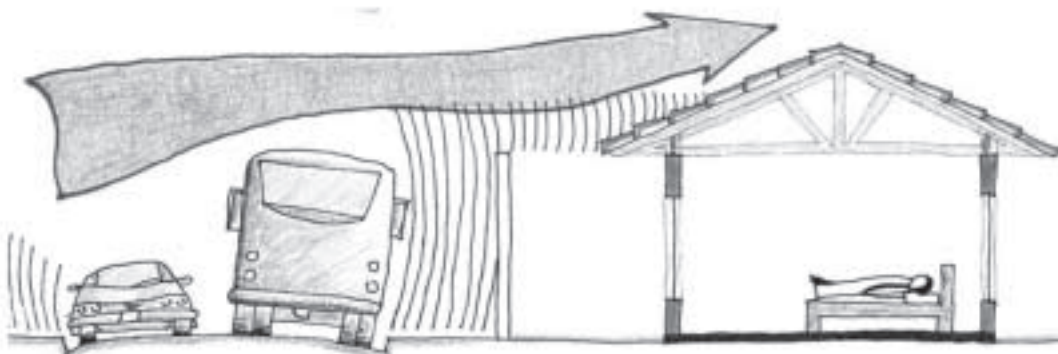




*h. Utilizar obstáculos ou afastar as edificações residenciais das fontes promotoras de ruído projetadas ou existentes no entorno, sem que a ventilação seja comprometida. No caso de climas frios, um muro robusto é a melhor solução. Já em locais quente, muitas vezes a solução ideal é não localizar as aberturas na fachada voltada para a fonte de ruído, evitando que se deteriore a ventilação natural.*



Solução para locais quentes

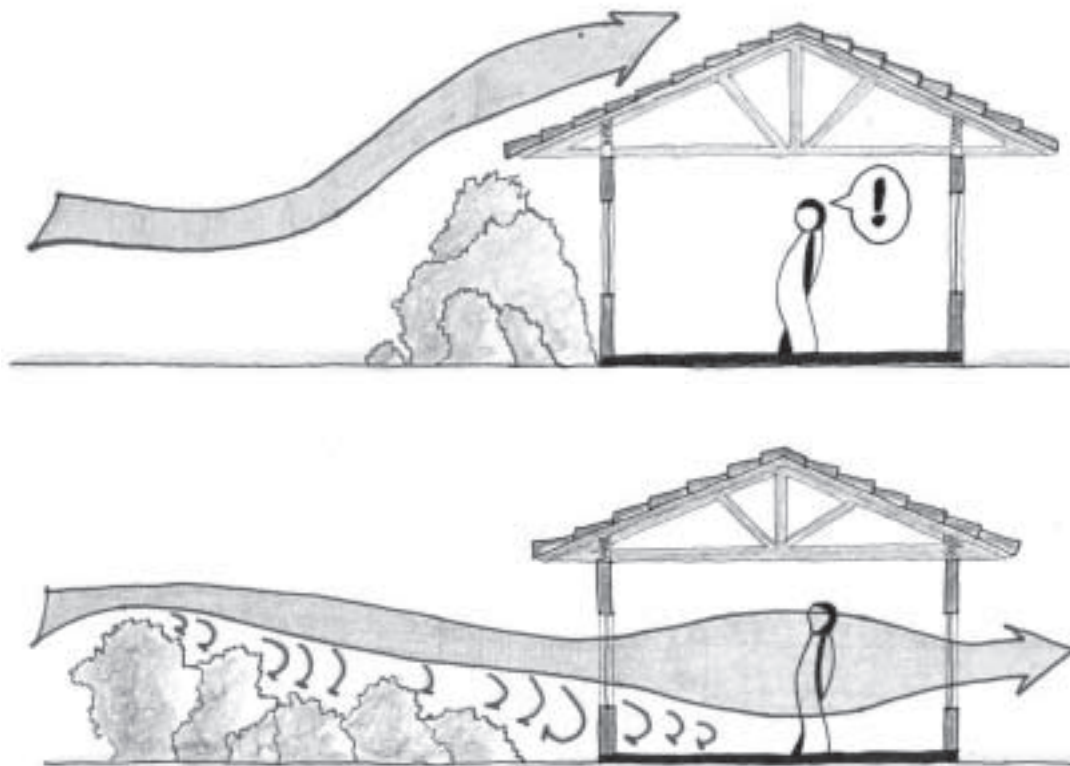


Solução para locais frios

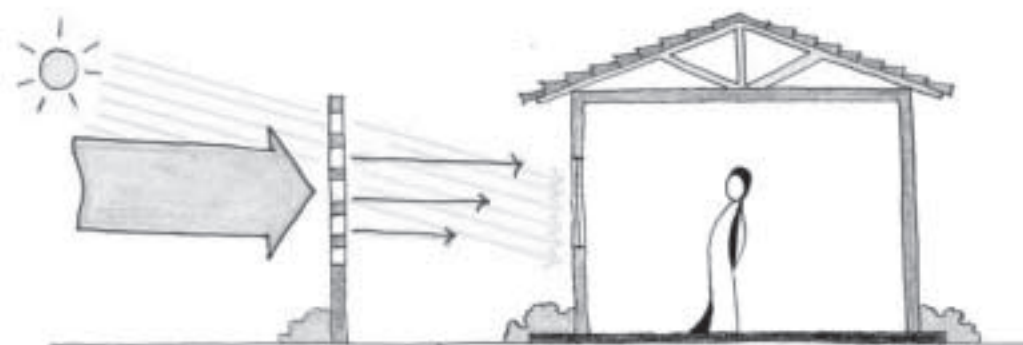


**Quanto ao lote e à implantação:**

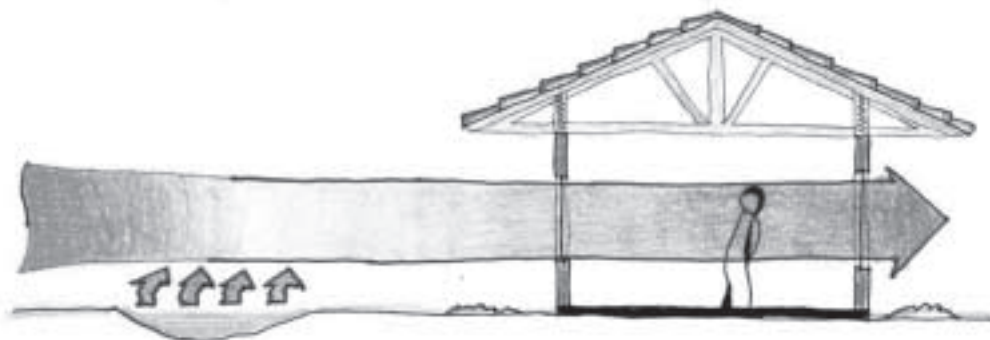
**a.** Para ventos frontais à fachada da casa em locais quentes, retirar os obstáculos de seu caminho, como caixa de medidores ou arbustos baixos e densos.



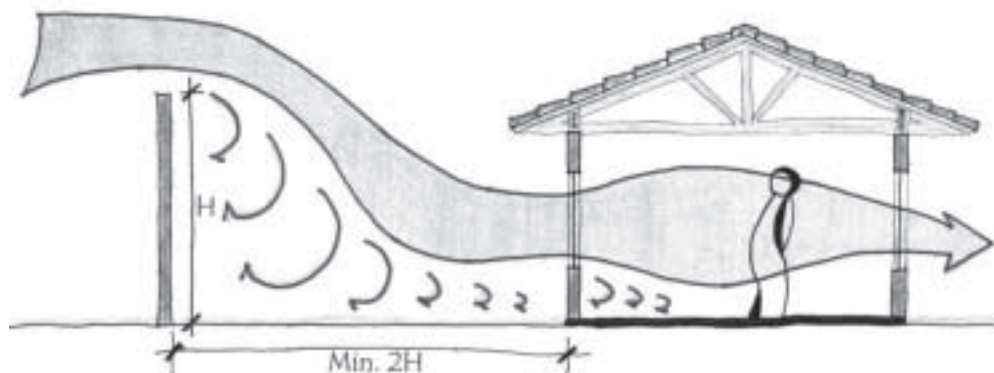
**b.** Já para locais frios, colocar obstáculos porosos no caminho dos ventos frontais à fachada. Manter o ângulo de acesso à insolação de inverno gerenciado por beirais como caixa de medidores ou arbustos baixos e densos.



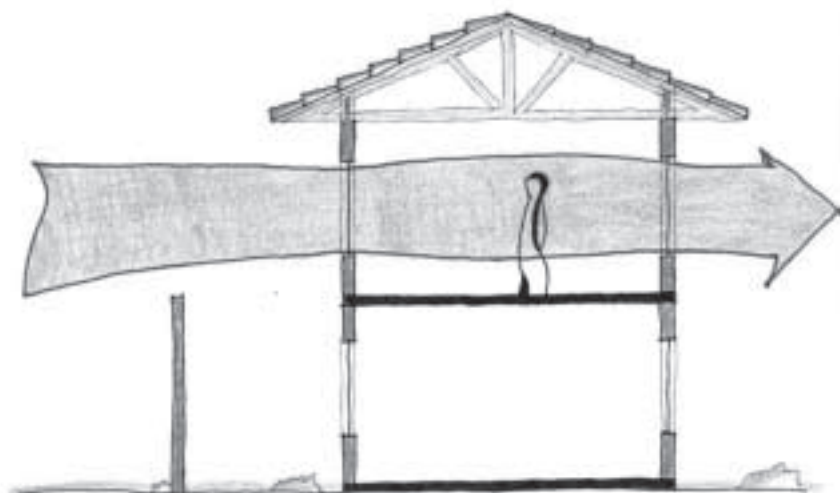
**c.** Em climas secos, prever espelhos d'água, tanques ou lagos em frente às janelas e na direção do vento.



**d.** Em função da velocidade de vento disponível, uma boa opção é afastar muros para distâncias até duas vezes sua altura.



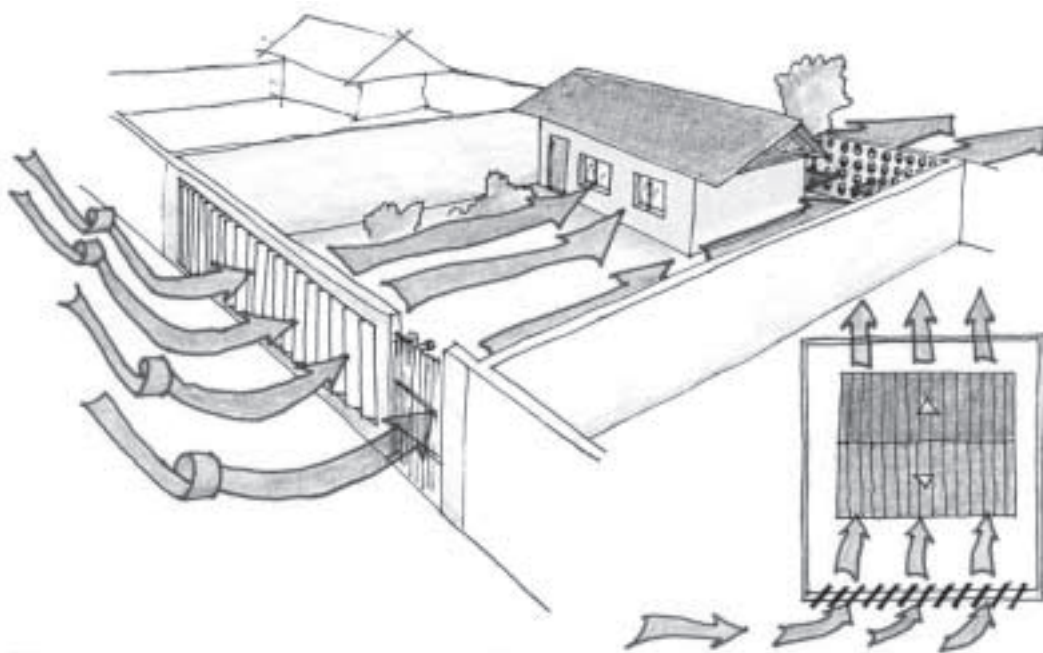
**e.** Caso isto não seja possível, pensar em uma construção em dois pavimentos, com a localização dos ambientes mais sensíveis a ventilação, como os quartos, no segundo andar.



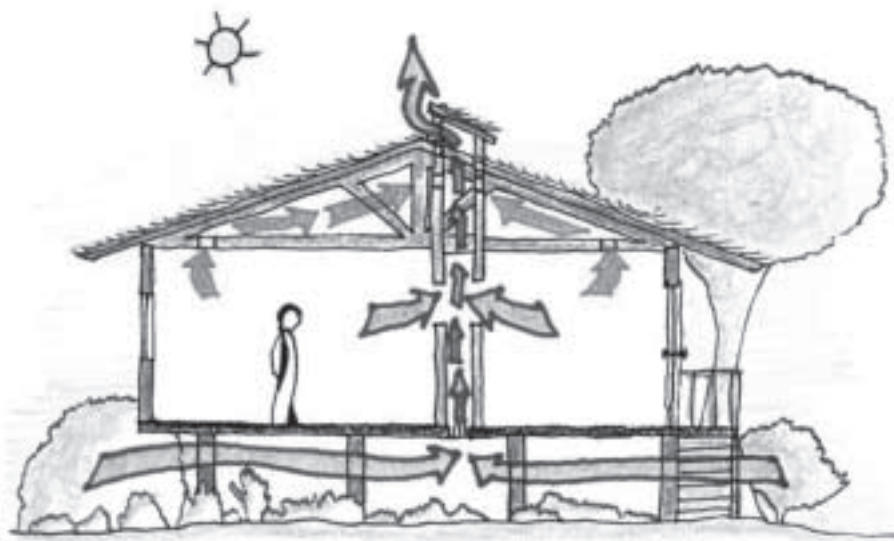
**f.** Evitar muros totalmente fechados. Preferir muros vazados, grades ou cercas vivas. Usar espécies como esponjinha (coriandra sp.) ou “boné de turco” (hibiscus sp.), ou espécies locais de folhagem pouco densa.



**g.** Para ventos paralelos à fachada, direcionar o vento via “septos” – paredes opacas ou cercas-vivas – para as aberturas na fachada da casa. Colocar obstáculos rígidos em ângulo de 45° com a fachada, a fim de tentar direcionar o vento para as janelas. Podem ser muros opacos, pequenos anexos e casa de cachorro, dentre outros.

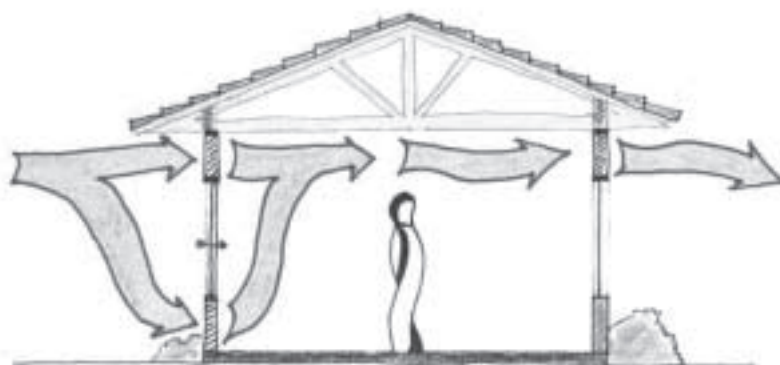


**h.** Para situações de inexistência de ventos, criar aberturas inferiores deixando cobertura vegetal baixa próxima ao piloti ou piso elevado, caso haja. Deixar saídas na parte superior da casa para obter o efeito termo-sifão.

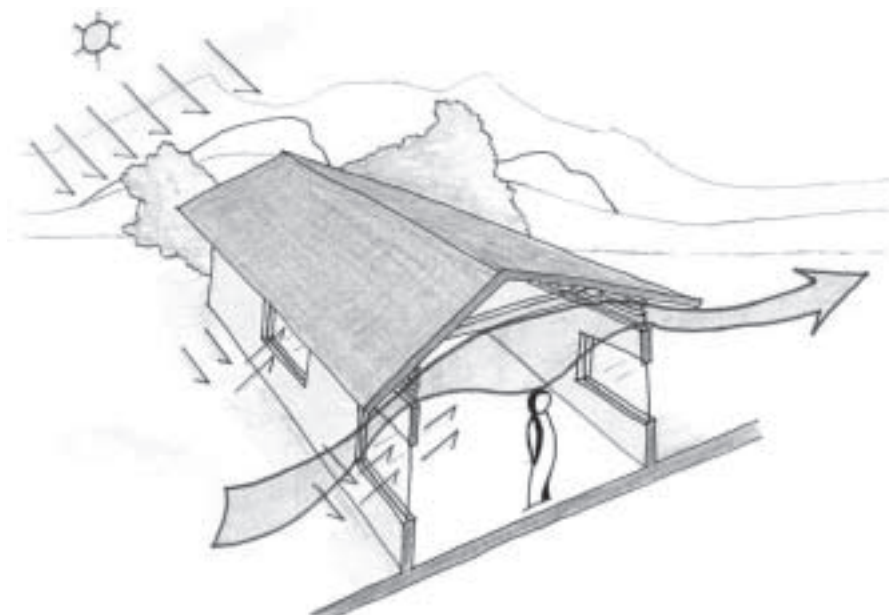


**Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:**

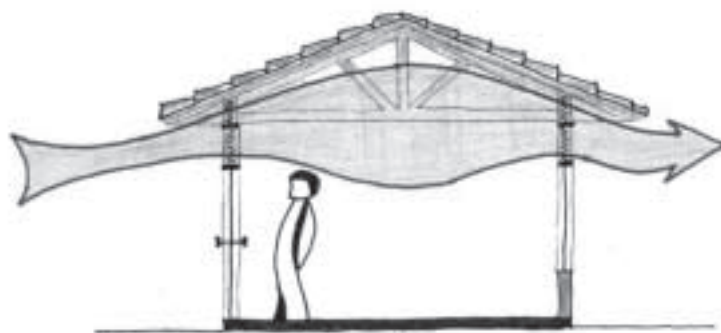
**a.** Capturar o vento frontal para o interior da casa através de aberturas no alto das paredes externas e também na parte de baixo das portas, neste caso sempre que o exterior não tiver poeira.



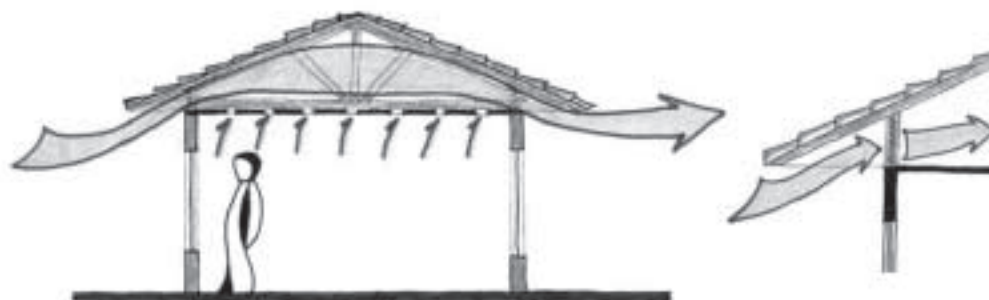
**b.** Privilegiar todos os cômodos com aberturas para ventilação e iluminação naturais (cobogós, venezianas fixas).



**c.** Priorizar pé direito alto, permitindo ventilação permanente junto ao forro.

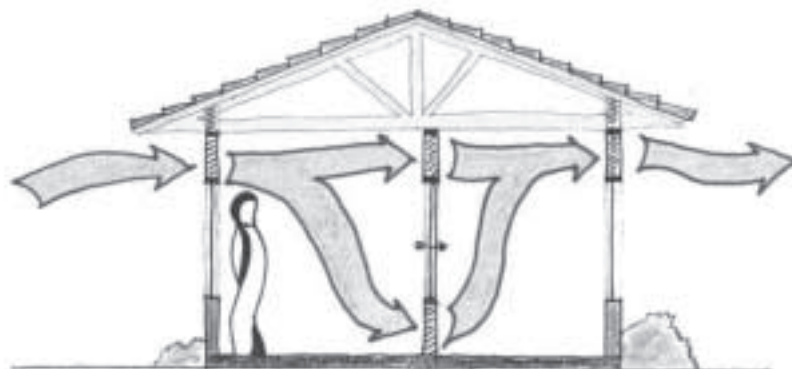


**d.** Optar por forro ventilado. Executar aberturas entre este e o telhado, nas paredes externas voltadas para onde o vento for mais freqüente, com cobogós, venezianas e tijolos furados inclinados. Diferentes possibilidades para o forro: placa de compensado, gesso, trançado de palha e pano.



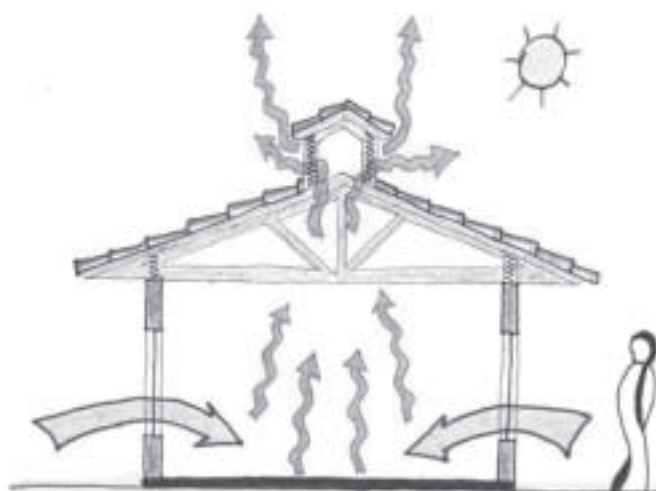


**e.** As portas internas da habitação devem ser de veneziana ou conter venezianas inferiores e superiores, exceto nos cômodos com ar-condicionado.

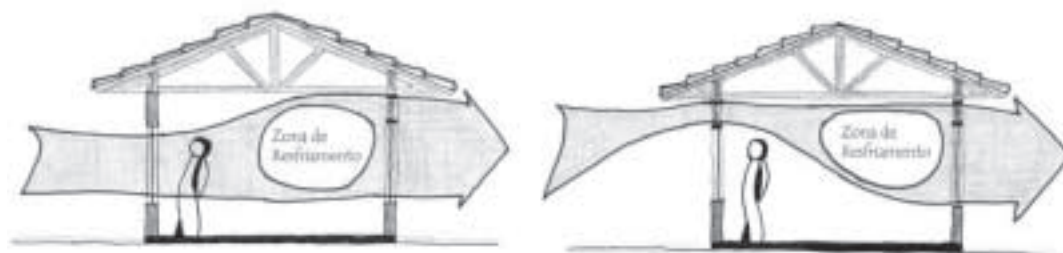


**Quanto ao interior da casa – a divisão dos cômodos e seu revestimento:**

**a.** Possibilitar que o ar quente retido nos ambientes suba e saia por alguma abertura superior, como por exemplo uma chaminé.



**b.** O efeito Venturi pode ser usado para diminuir a temperatura do ar no interior da habitação, utilizando a abertura de entrada do ar menor do que a de saída.



## VENTILAÇÃO CONTROLADA

Quando o local onde será construída a residência apresentar regime de vento inconstante, os sistemas de ventilação controlados pelo usuário são mais vantajosos.

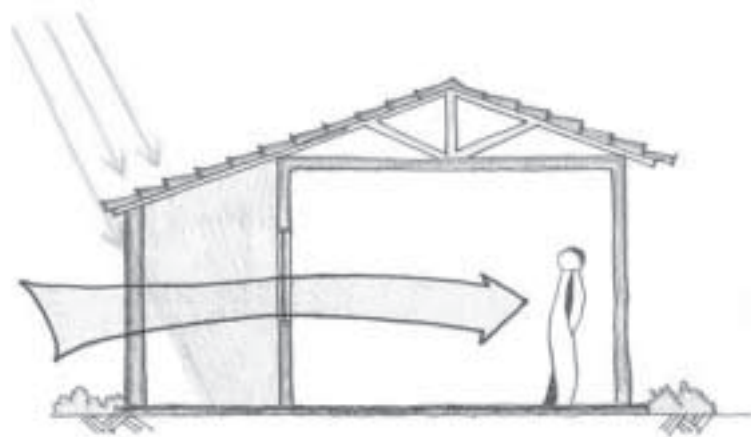
Desta forma, em dias quentes e com pouco vento, a casa pode estar aberta à circulação de ar, enquanto que em outros, mais frios ou com muito vento, o usuário pode dosar a ventilação conforme sua demanda de conforto.

### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

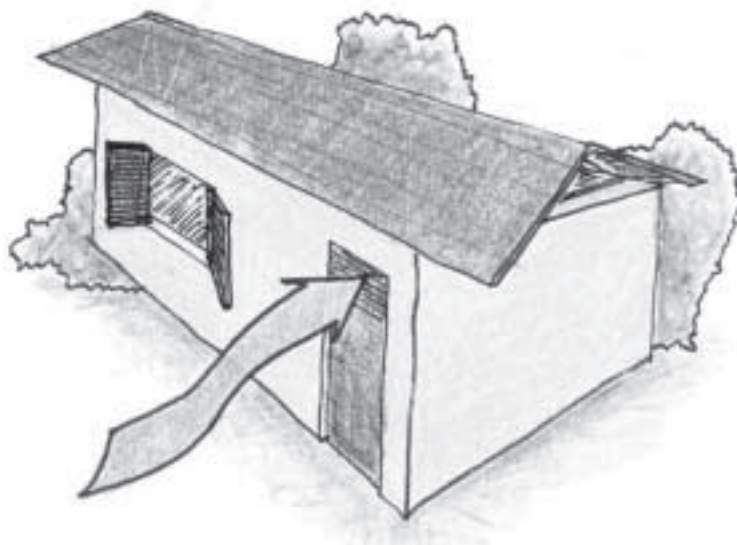
*a. Possibilitar, com portas e janelas abertas, que o fluxo de ar atravessasse a edificação da zona mais fresca para a mais quente; e contribuir para que o ar percorra a mínima distância e com o menor número de obstáculos vazados no interior da edificação.*



*b. Abrir janelas na direção dos ventos incidentes, protegidas do sol da tarde.*



**c.** Usar portas externas sombreadas passíveis de serem meio de ventilação, sem perder a privacidade.  
Exemplo: portas cortadas acima da maçaneta (tipo balcão); portas com a parte superior em veneziana; porta dupla, sendo uma de grade.

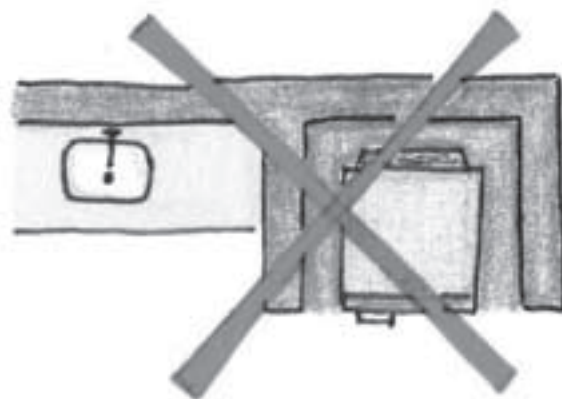


**d.** Projetar a janela de forma a conciliar as diversas necessidades de uso, como em situação diurna de chuva e calor. Prever o uso de venezianas.





e. Não obstruir a ventilação na parte posterior da geladeira, pois isto implica no mau funcionamento do motor.



## RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

O resfriamento evaporativo retira o calor do ambiente pela evaporação da água e, conseqüentemente, aumenta a umidade relativa do ar e reduz sua temperatura. Esta estratégia pode ser adotada em regiões quentes e secas e em épocas do ano com essas mesmas condições de temperatura e umidade relativa do ar.

Existem dois tipos de resfriamento evaporativo: o direto, no qual a evaporação da água ou das plantas atua no ambiente a ser resfriado; e o indireto, em que a evaporação da água ou das plantas diminui a temperatura da superfície de contato com o ambiente a ser resfriado.

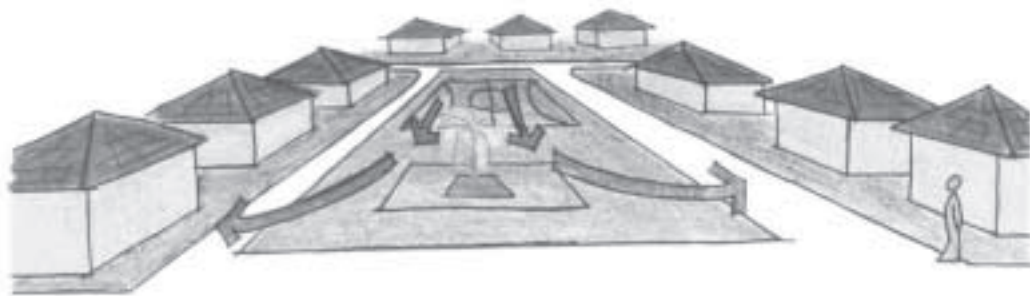
Recomenda-se o resfriamento evaporativo direto apenas nas situações de temperatura indicadas pela Carta Psicrométrica de Givoni, pois a taxa de ventilação do ambiente precisa ser suficiente para evitar a retenção de vapor d'água.

Retirar o calor do ar através da umidificação do mesmo aproxima a edificação da zona de conforto, pois reduz as trocas de calor por condução, convecção e irradiação, resultando inclusive na diminuição do consumo de energia por resfriamento ativo (ventilador e ar-condicionado).

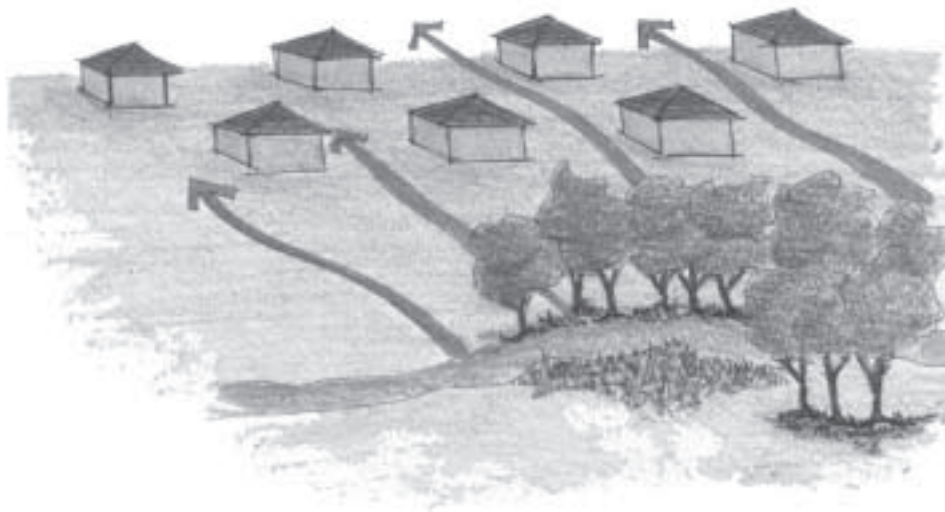
Vale ressaltar que as soluções de resfriamento evaporativo e umidificação compartilham as mesmas estratégias.

**Quanto ao projeto do loteamento:**

**a.** Em empreendimentos que tratem do loteamento e dos equipamentos públicos aplica-se a estratégia de resfriamento evaporativo através da implantação, na direção dos ventos, de fontes, lagos e espelhos d'água em praças, escolas, postos de saúde e próximos às casas. O ar seco quando umidificado pela água se resfria, criando um microclima mais ameno. Da mesma forma, quanto maior for a cobertura vegetal tanto melhor será este efeito.



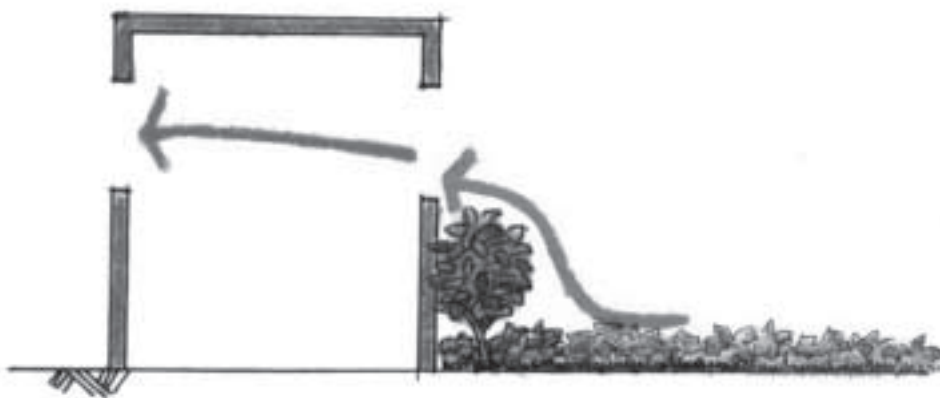
**b.** Sempre que possível implantar loteamentos em áreas próximas ao mar, lago, prado, rio e matas, com o intuito de aproveitar a umidade gerada por esses recursos naturais.



### Quanto ao lote e à implantação:

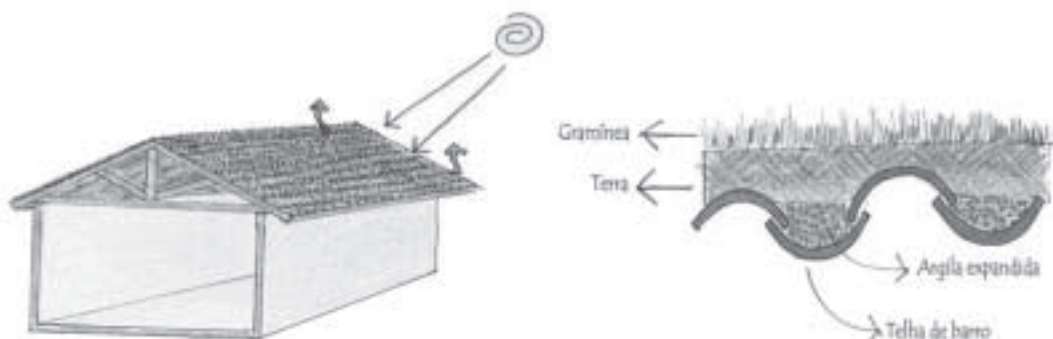
*a. Utilizar vegetação no entorno, prioritariamente voltada para o vento dominante.*

A evapotranspiração das plantas permite a troca de calor, fazendo com que o vento que passa próximo à vegetação perca calor e entre na casa com uma temperatura mais baixa.

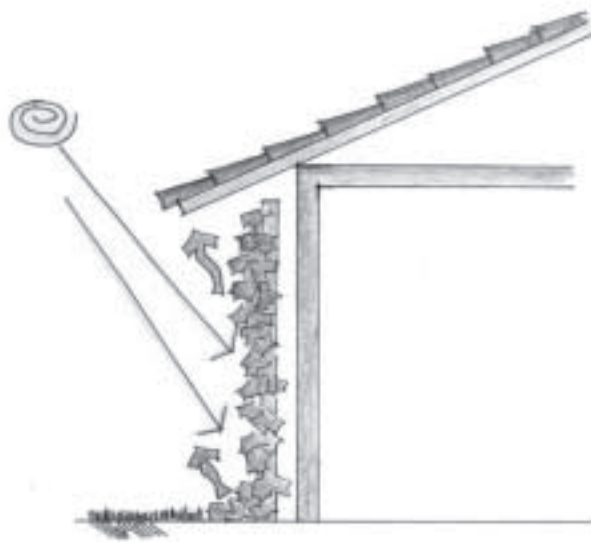


### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

*a. O calor irradiado pela cobertura para o interior – quando feita com laje de concreto – representa uma parcela considerável dos ganhos térmicos de uma edificação. Para amenizar este efeito em climas ou períodos quentes, utiliza-se a cobertura naturada ou cobertura verde, ou seja, um jardim suspenso que, ao realizar o sombreamento da cobertura e perder calor através da evapotranspiração das plantas, ameniza a temperatura radiante no interior da casa. Esse sistema deve contar com a impermeabilização da laje, drenagem de águas pluviais com brita ou argila expandida e vegetação resistente à insolação direta e que necessite de pouca rega. A cobertura naturada também é uma estratégia utilizada em massa térmica para resfriamento que será vista mais à frente.*



**b.** As paredes externas também podem receber proteção de plantas trepadeiras, pois a temperatura superficial da parede será reduzida pelo sombreamento e evapotranspiração das plantas, representando menor ganho térmico no ambiente interno. Esta proteção pode ter como suporte um treliçado de madeira, uma tela ou uma grade. Para climas com períodos frios, optar por plantas com folhas caducas, pois no verão a “parede verde” irá proteger o ambiente interno da radiação solar e no inverno, quando as folhas caírem, ela permitirá a absorção do calor.



**c.** Para locais com umidade muito baixa, privilegiar a orientação dos cômodos de maior permanência, geralmente sala e quartos, voltando-os para os recursos de resfriamento evaporativo vistos acima. Lembre-se que a otimização desse recurso deve seguir a orientação correta em relação aos ventos.



## MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO

A massa térmica para resfriamento é indicada para local seco e baseia-se no princípio de acúmulo de calor pelo invólucro

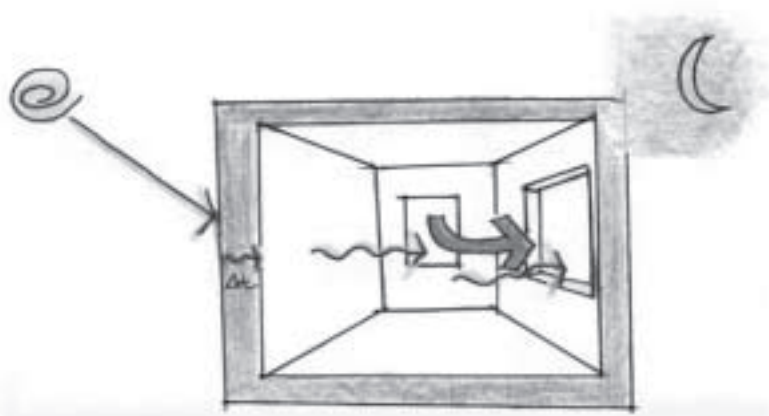
construtivo – paredes e cobertura – retardando a entrada de calor nos ambientes até que o frio da noite, do lado externo, recupere parte do fluxo de calor que iria entrar na edificação. A amplitude térmica do local é assim reduzida no interior da habitação.

### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

*a. A cobertura naturalada possui uma grande massa térmica que retardará a passagem de calor para dentro da casa. Esse sistema deve contar com a impermeabilização da laje, drenagem de águas pluviais com brita ou argila expandida e vegetação resistente à insolação direta.*



*b. A fachada que recebe sol e não pode ser protegida da radiação solar por proteção externa é a grande candidata a receber uma parede construída com material de alta densidade ou maior espessura, retardando a passagem do calor (atraso térmico) para o ambiente interno, deixando-o mais fresco no período da noite devido à temperatura mais amena e à ventilação adequada para dissipar o calor.*



## RESFRIAMENTO ATIVO (AR-CONDICIONADO)

O resfriamento artificial será empregado somente nos momentos em que, por excesso de temperatura ou umidade, o conforto higrotérmico não puder ser alcançado somente com o auxílio do resfriamento natural.

Em geral, nas habitações de interesse social esta não é uma situação constante. Assim o cômodo deve ser projetado de forma a

retardar ao máximo possível o início da entrada do condicionamento artificial.

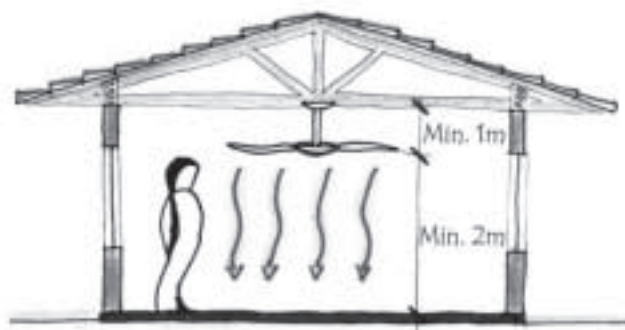
Esta estratégia gera um consumo de energia elétrica que pode ser racionalizado se os aparelhos de ar-condicionado forem corretamente utilizados e seguirem algumas recomendações de instalação e manutenção.

Ele deve ser previsto em paralelo às recomendações projetuais (pé-direito e circuito elétrico) para instalação pelo usuário da ventilação mecânica com o uso de ventiladores e exaustores.

### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

*a. O sistema de ventilação mecânica mais utilizado para fazer circular o ar é o ventilador, podendo ser móvel ou fixo no teto. Para melhor aeração recomenda-se, quando possível, a fixação no teto ou o mais próximo deste. Alguns ventiladores de teto também podem funcionar como exaustores, sugando o ar quente para fora do ambiente. Neste caso, um acesso ao forro ventilado pode gerar uma renovação de ar refrescante.*

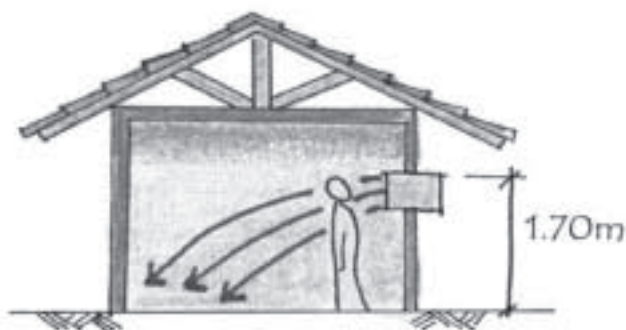
*Considerar pé-direito que permita 1 metro de colocação de ventiladores de teto e no mínimo 2 metros sob este. Prever no eletroduto da iluminação do teto a passagem da instalação para sua colocação.*



*b. Quando não for possível a instalação de ventiladores no teto, instalá-los no alto, nas paredes junto ao forro.*



**c.** O aparelho de janela de ar-condicionado deve ficar a uma altura média de 1,70m (próximo à altura humana) possibilitando a sensação direta de resfriamento.



**d.** Proteger aparelhos de ar-condicionado da insolação direta a qualquer hora. Para tal, usar o beiral da cobertura ou algum outro tipo de proteção, como PVC, madeira e até mesmo o concreto. Se possível colocar o aparelho em fachada não exposta ao sol do momento do seu uso, mas manter suas aberturas laterais de ventilação desobstruídas.



**e.** O ambiente refrigerado deve ser bem vedado. Utilizar portas e janelas com venezianas fixas sempre com fechamento externo. Evitar frestas nas paredes, pisos ou tetos. Vede corretamente ao redor do vão de encaixe do ar-condicionado, pois é comum que o ar escape com facilidade por estas frestas. Essas medidas diminuem a perda do ar refrigerado para o ambiente externo, acarretando em um menor consumo de energia.



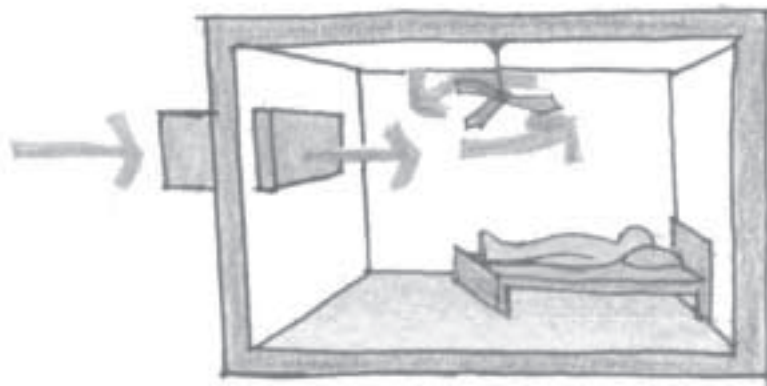


**f.** O dimensionamento e o tipo de ar-condicionado devem ser adequados ao ambiente e à quantidade de pessoas que nele permanecem. Optar por aparelhos mais eficientes, com selos PROCEL de desempenho e economia de energia, que facilitem a limpeza freqüente do filtro, pois além de manter o ambiente saudável, também beneficia no rendimento do aparelho.

**g.** Os ambientes interno e externo precisam ser desobstruídos próximo ao aparelho de ar-condicionado, permitindo a ventilação do motor. Um meio externo, com árvores plantadas, cobertura vegetal etc., permite que o ar de renovação, captado pelo aparelho, melhore seu rendimento, uma vez que o ar vindo do exterior será mais fresco, economizando a energia elétrica despendida para sua refrigeração.

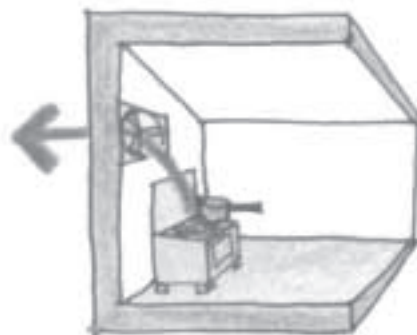


**h.** Quando o uso do ar-condicionado for inevitável, associá-lo ao ventilador pode diminuir o consumo de energia elétrica. Quando o ventilador é acionado ele provoca uma sensação de frescor na pele e com isso o ar-condicionado pode funcionar com ajuste do termostato para o frio mínimo, ou seja, com menor utilização do motor e menor consumo de energia.





i. O exaustor é um sistema de ventilação mecânica que, por pressão negativa, promove a retirada do ar quente do ambiente interno para o exterior. Este aparelho é muito utilizado em cozinhas com o intuito de amenizar a temperatura ambiente devido ao cozimento dos alimentos. Nestes casos, devem ser posicionados o mais próximo possível de fornos ou fogões.



## UMIDIFICAÇÃO

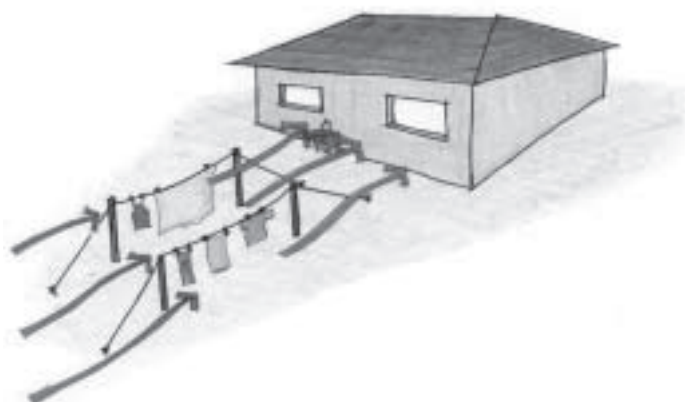
Em casos em que a temperatura do ar estiver dentro da zona de conforto – entre 20°C e 29°C – porém a umidade relativa do ar estiver abaixo do limite de conforto – menor ou igual a 20% – ocorrerá o desconforto térmico dos usuários pelo ressecamento do ar. Nesta situação, a melhor solução será umidificar o ar do ambiente através

de recipientes com água, plantas, fontes e espelhos d'água, tentando não reduzir a temperatura. Para tal, a taxa de ventilação da casa deve ser controlada, evitando que o resfriamento evaporativo do ambiente prevaleça em relação à umidificação do ar, que tem por finalidade manter o vapor d'água em nível adequado.

Vale ressaltar que resfriamento evaporativo e umidificação compartilham as mesmas estratégias.

### Quanto ao lote e à implantação:

a. Em climas ou períodos do ano em que a umidade absoluta do ar é muito baixa, a existência de pequenos lagos, piscinas ou outras áreas molhadas voltadas para a direção do vento e perto das janelas da edificação também causam o resfriamento evaporativo desejado. Colocar áreas de tanque e destinadas ao varal de roupas paralelas à direção dos ventos e ortogonais às fachadas onde estão as janelas é uma solução simples para umidificar o ar no interior da casa. Caso o costume local permita o uso de chuveiro externo, a fachada orientada a favor do vento é um bom lugar para implantação do mesmo.



## MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO

Deve-se empregar a estratégia de massa térmica para aquecimento da edificação quando o clima da região possuir temperatura

de bulbo seco (TBS) entre 14°C e 20°C.

A cobertura e as paredes externas e internas devem ser mais espessas, armazenando o calor da radiação solar ao longo do dia e devolvendo esse calor ao ambiente durante a noite, geralmente quando a temperatura é mais baixa.

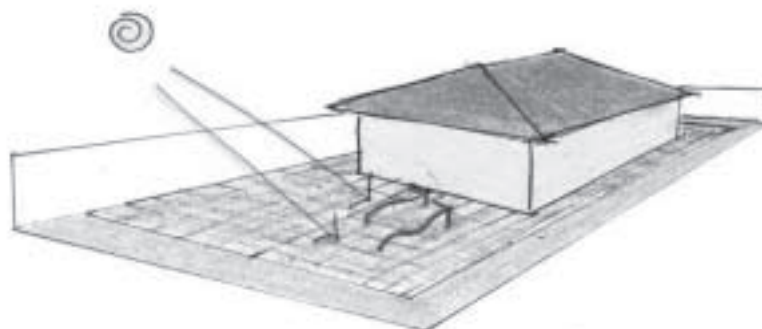
### Quanto ao projeto do loteamento:

*a. Em empreendimentos que tratem do loteamento e dos equipamentos públicos aplica-se a estratégia de massa térmica para aquecimento através da colocação, na direção dos ventos, de pisos (exceto pisos de passeio) e monumentos em pedra e outros materiais que absorvam o calor. Estes materiais ao receberem a radiação solar se aquecerão. O ar frio ao passar por eles receberá – por convecção – calor, aumentando a temperatura do ar de acesso às aberturas das edificações. Da mesma forma, quanto maior for a cobertura vegetal tanto melhor será este efeito.*



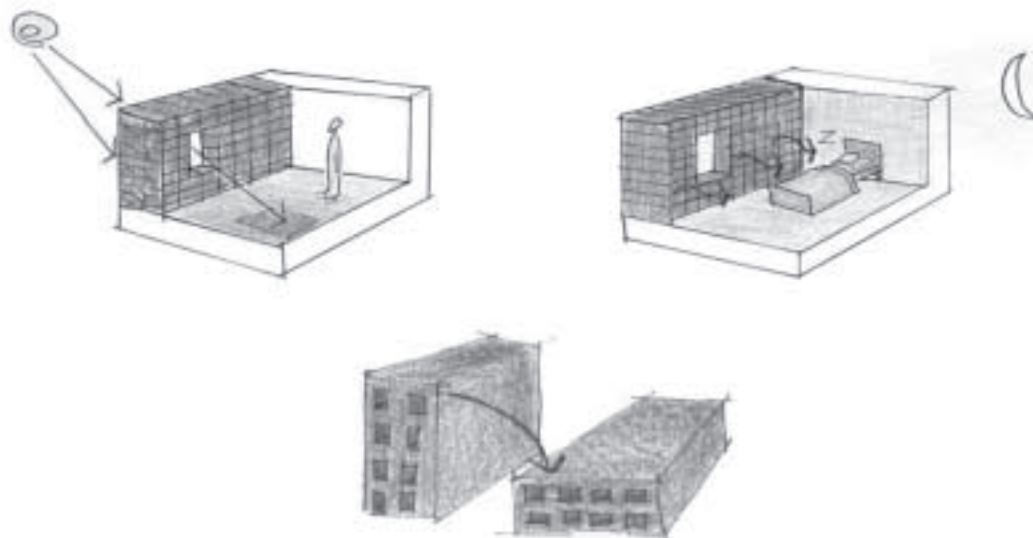
### Quanto ao lote e à implantação:

*O uso de pisos impermeáveis, tipo cimentado, no entorno da casa irradia o calor proveniente do sol para a fachada da casa.*

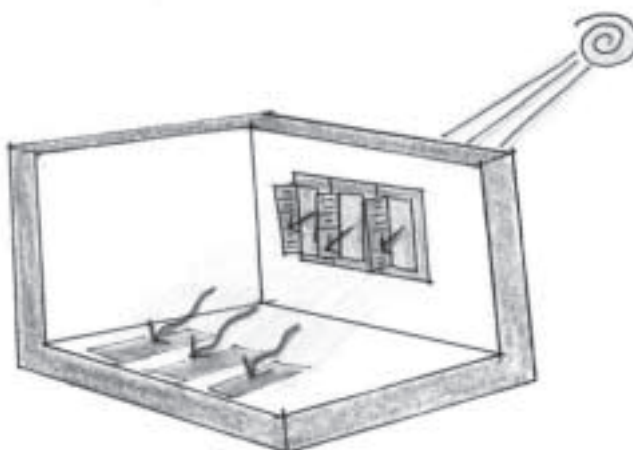


**Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:**

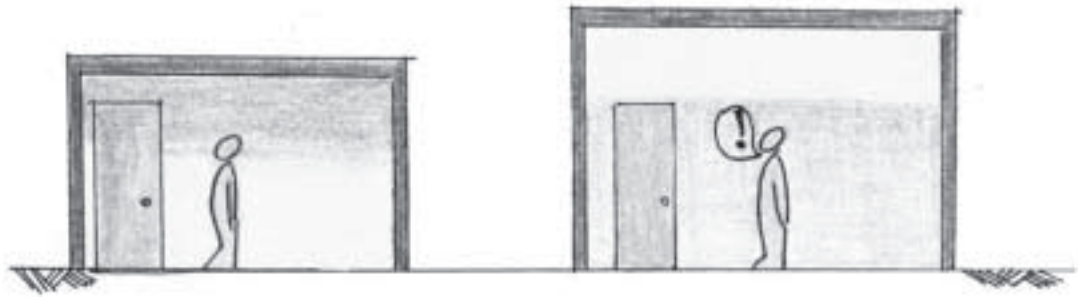
*a. A maior densidade ou espessura das paredes externas permite que a entrada do frio no ambiente seja retardada e que o calor, produzido pelas fontes internas passivas ou ativas (aquecedores), demore a sair. A utilização do tijolo deitado é a sugestão mais simples para construir paredes mais espessas. Paredes duplas também podem ser construídas para manter o ambiente*



*b. As vedações translúcidas devem ser orientadas sempre em função do período de insolação para que recebam a carga térmica solar e aqueçam o ambiente com maior rapidez. Entretanto, devem prever uma maior espessura de proteção, postigos externos ou vidros duplos para que no período da noite possa reter o calor gerado.*



*c. Em geral, quanto mais baixo for o teto, mais aquecido ficará o ambiente.*



### AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO

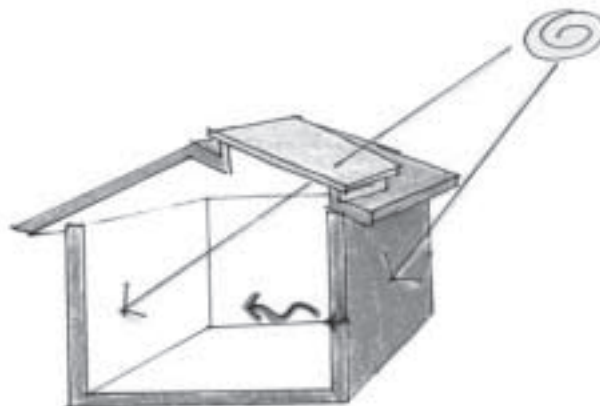
O aquecimento solar passivo é indicado quando as temperaturas externas de bulbo seco (TBS) permanecem entre 10,5°C e 14°C. Ele aproveita-se do fato de que, quando a radiação solar incide sobre as superfícies, sua absorção

gera uma radiação térmica que se irradia de volta ao ambiente. Como o vidro é praticamente transparente à radiação solar, mas opaco à radiação térmica, o resultado é o aquecimento do ambiente interno da casa. A grande estratégia, portanto, é o uso de panos de vidro nos ambientes na direção da trajetória solar.

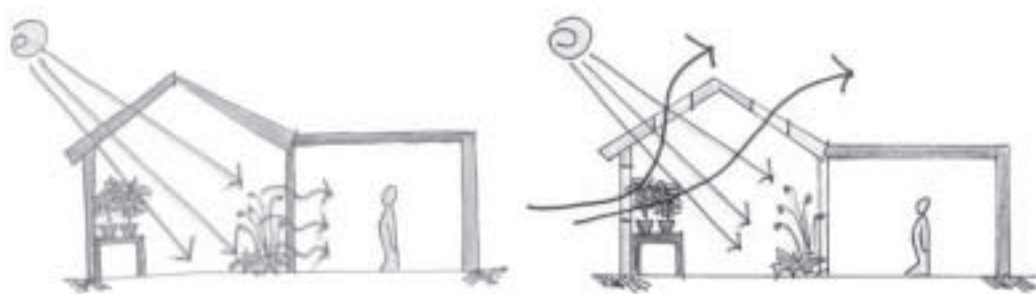
### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

*a. O ganho direto de calor através do sol pode ser obtido com aberturas zenitais, como clarabóias e domos. Solução particularmente interessante para banheiros e outras áreas frias da edificação, cuidando apenas para a questão do ofuscamento sobre superfícies de leitura e trabalho. Deve-se atentar para a necessidade de se ventilar ou proteger as aberturas zenitais através de forro ventilado, por exemplo, em caso de climas mistos.*

*Outra maneira de se obter aquecimento a partir do sol é pintando as paredes externas da casa de cor escura, que absorve a radiação solar e irradia o calor para o ambiente interior.*

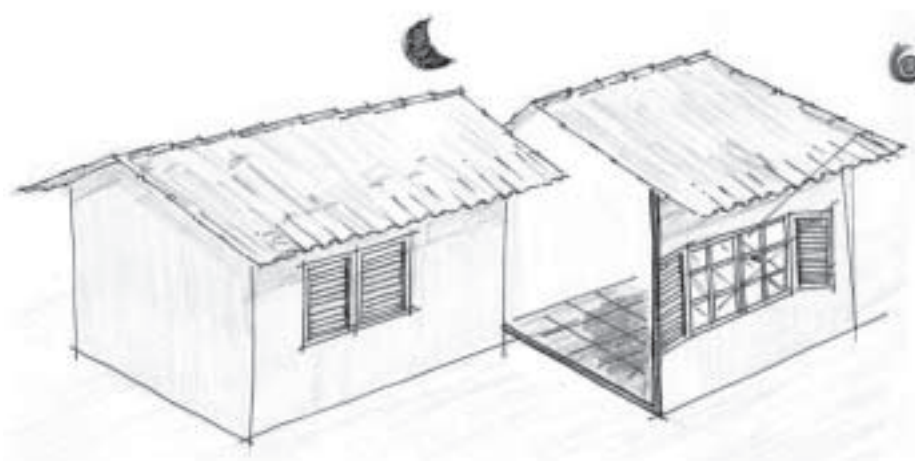


*b. Também podem ser usados estufas e solários. Em períodos quentes do ano, abrir as janelas externas da estufa evitará que o calor irradie para dentro da casa.*



*Inverno e verão*

*c. Deve-se ser prudente quanto ao uso de vidros duplos para estancar a perda por condução entre as faces dos vidros. Uma solução de menor custo e menor eficiência é o uso de laminados translúcidos, como segundo vidro, ou formatos menores de vidros.*



## CALEFAÇÃO

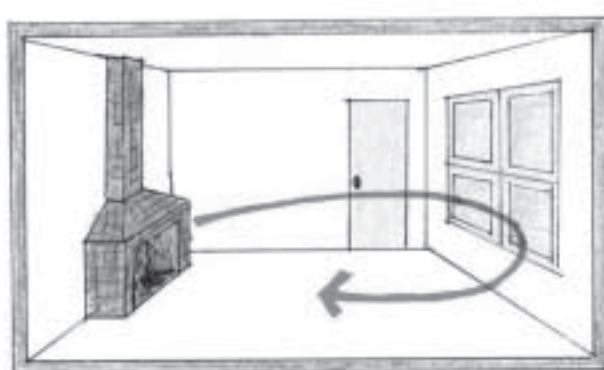
Em temperaturas inferiores a 10,5°C será necessário o uso de aquecimento artificial para atingir o conforto térmico. Porém, recomenda-se sempre a associação de aquecimento solar passivo e aquecimento artificial, com o

objetivo de minimizar o consumo de energia na edificação.

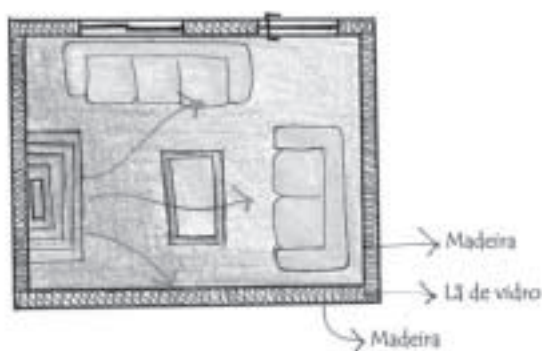
As recomendações de vedação e estanqueidade se assemelham às do ar-condicionado, apenas lembrando que a ventilação higiênica para renovação do ar precisa ser mantida.

**Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:**

**a.** Evitar frestas e vãos abertos para diminuir a ventilação e dificultar a perda do ar aquecido.

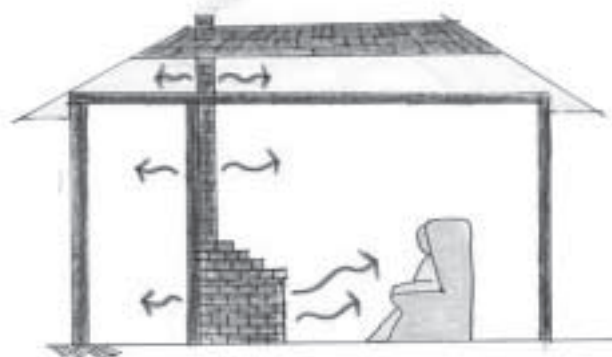


**b.** Utilizar isolamento térmico na constituição das paredes externas nos ambientes com aquecimento.

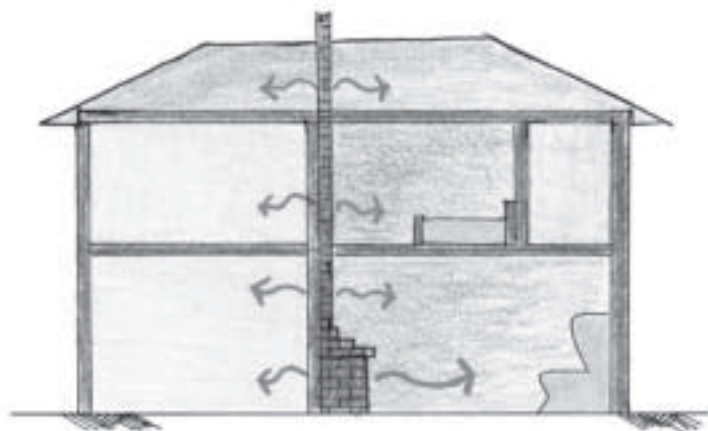


**Quanto ao interior da casa – a divisão dos cômodos e seu revestimento:**

**a.** A calefação pode ser feita com lareiras e fogões à lenha, que mantêm o calor no ambiente mesmo após o fogo ser apagado, pois os materiais das suas paredes são de alta inércia térmica, como a pedra ou o tijolo refratário.

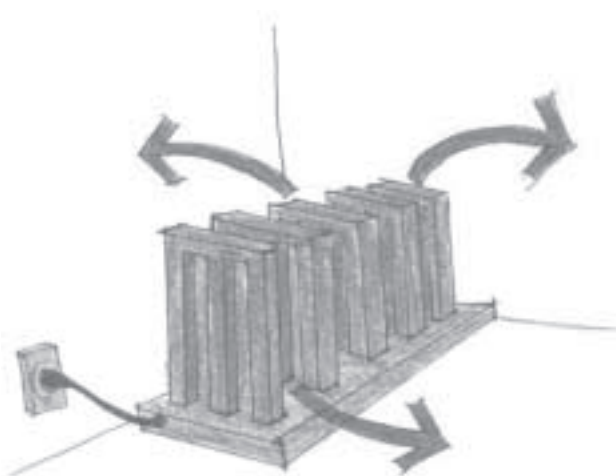


*b. Como em geral os equipamentos para calefação requerem chaminés para exaustão do ar queimado, uma boa idéia pode ser sua utilização atravessando cômodos do andar superior, que, por radiação, serão aquecidos naturalmente.*



*c. Em geral, os aquecedores podem ser elétricos, a gás, a lenha, a carvão e a óleo combustível. Os aquecedores elétricos são os mais utilizados e podem ser de vários tipos: radiação incandescente, painel radiador, convector eléctrico, ar-condicionado de ciclo reversível e aquecedor central. O calor gerado pelos aquecedores elétricos é emitido para o ambiente através da convecção e da irradiação. A maioria dos aquecedores elétricos possui alta temperatura superficial.*

*Cada um desses equipamentos requer instalação diferenciada. A tomada, por exemplo, para sua instalação deve estar localizada de forma que o radiador instalado abranja todo o local sem anteparos.*





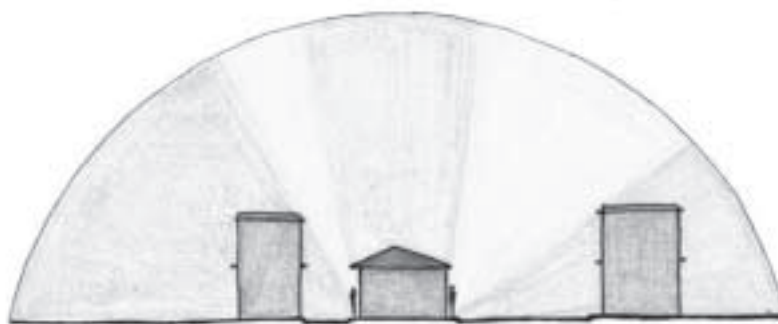
## ILUMINAÇÃO NATURAL

As estratégias para promover a iluminação natural nas edificações são recomendadas para todos os tipos de microclima, pois além de promoverem conforto lumínico e salubridade, são bastante eficazes na busca pela eficiência energética das edificações. A grande indicação

de projeto refere-se ao fato de que, a não ser que se queira o efeito térmico da radiação solar, o que se deseja é apenas a luz do céu, o que fará que a trajetória solar seja considerada quando da determinação dos panos de abertura. Cuidado maior deve ser tomado em locais de clima quente para evitar o ganho térmico através da radiação solar direta.

### Quanto ao projeto do loteamento:

*a. Em empreendimentos que tratem do loteamento e dos equipamentos públicos, a oferta de iluminação é diretamente proporcional à largura das ruas, pela visão do céu que virão a oferecer às fachadas. Em ruas estreitas vê-se pouco o céu e, conseqüentemente, há pouca luz incidente nas edificações.*

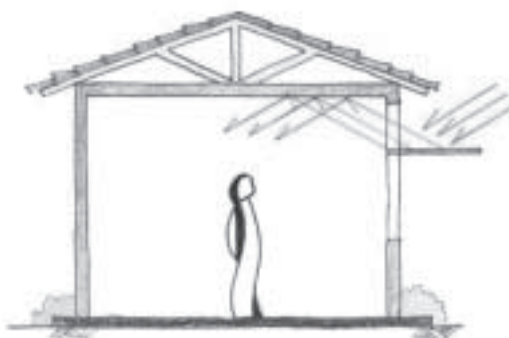


### Quanto ao lote e à implantação:

*a. Da mesma forma, o gabarito e o afastamento lateral das divisas devem considerar o fator de visão do céu para facilitar a iluminação natural lateral.*

### Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:

*a. Usar prateleiras de luz ou beirais luminosos para refletir a luz para o interior do cômodo.*





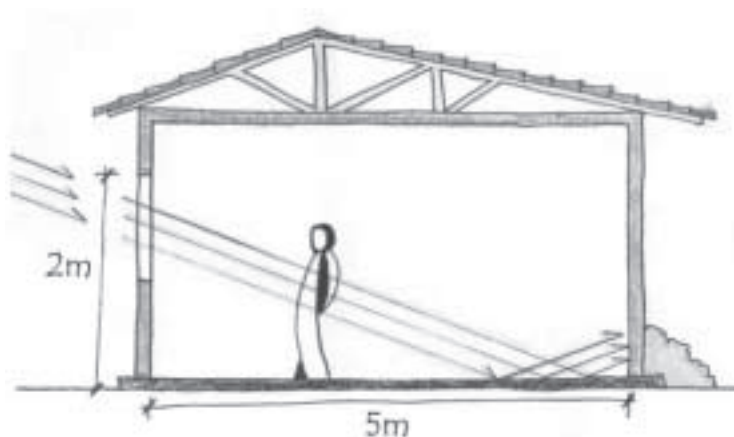
**b.** Usar elemento externo móvel, como venezianas e persianas, para controlar e dosar a luz natural e a insolação direta no interior da casa.



**c.** Em função da latitude, do efeito térmico pretendido e do nível de iluminamento natural do local onde será construída a moradia, deve-se aproveitar a luz natural em ambientes de uso permanente, desde que a abertura esteja protegida da radiação solar direta entre 10 horas da manhã e 16 horas, evitando, assim, a formação de fungos e ácaros.

**d.** Colocar sempre aberturas para iluminação natural nas cozinhas e banheiros, preferencialmente sobre pias e áreas de preparo de alimentos.

**e.** A altura da janela deve ser proporcional à profundidade do cômodo. Embora varie em função da luminosidade de cada localidade, em geral a altura mínima de verga deve ser cerca de 40% da profundidade do cômodo. Por exemplo, um cômodo com cinco metros de profundidade deve ter sua janela a pelo menos dois metros de altura. Corrigir profundidades superiores ao alcance da luz natural colocando novas janelas. Esta estratégia resulta em redução do uso da iluminação artificial em boa parte do dia, contribuindo para a economia de energia na edificação.



*f. Em locais de clima frio ou misto, uma boa opção para iluminação natural dos banheiros é a iluminação zenital com proteção e ventilação, usando telhas de vidro sobre forro translúcido ventilado. Além de reduzir o uso da iluminação artificial, este recurso melhora o conforto térmico na hora do banho, conforme explicitado no item sobre aquecimento solar passivo.*

**Quanto ao interior da casa – a divisão dos cômodos e seu revestimento:**

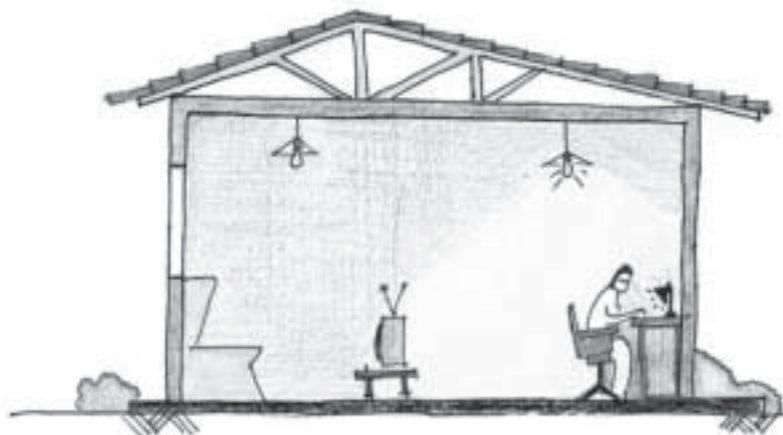
*a. Procurar colocar o máximo de aberturas entre cômodos, sem problema de privacidade, para aumentar o alcance da luz natural. Podem ser também divisórias translúcidas, como blocos de vidro, ou mesmo vãos junto ao teto.*



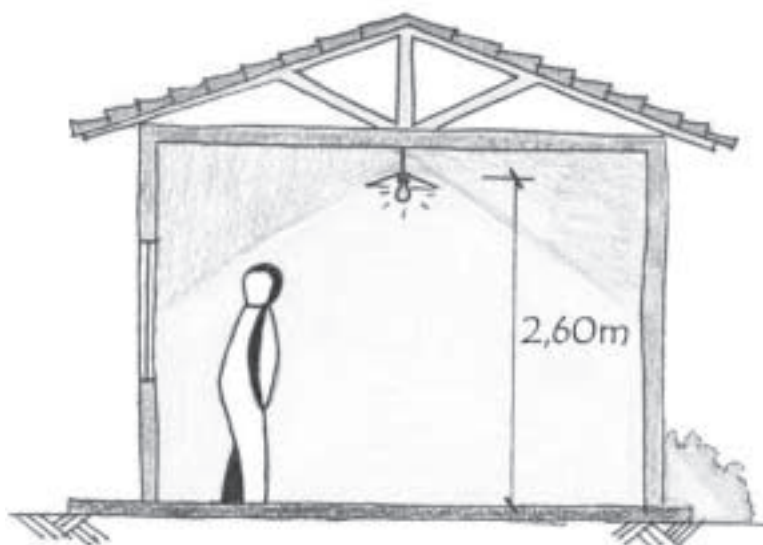
*b. Procurar trabalhar o teto em cor clara ou reflexiva para aumentar o alcance da luz natural e o rendimento do sistema de iluminação artificial.*



*c. Deixar pontos de luz em número suficiente e com acionamentos independentes uns dos outros, para que só se acenda a lâmpada necessária para cada atividade. Iluminação pontual complementar à luz do teto pode ser ligada diretamente na tomada.*



*d. As lâmpadas devem estar no máximo a 2,60m do piso (um pouco acima da altura da porta) e se possível com luminárias eficientes, que aproveitem ao máximo a distribuição do fluxo luminoso no ambiente.*



## SOMBREAMENTO

O sombreamento, estratégia não determinada por Givoni no diagrama bioclimático, pode e deve ser aplicado – em graus diversos de eficiência – em toda a área do diagrama onde a temperatura do ar local (medida meteorologicamente sempre à

sombra) ultrapassa o limite mínimo de temperatura de conforto, em torno de 20°C. É um procedimento que visa evitar o sobreaquecimento das superfícies expostas à insolação direta.

Quando as edificações são erguidas em locais quentes e com forte insolação, uma boa estratégia para prover conforto térmico

é o sombreamento das fachadas, coberturas e esquadrias. Este recurso deve estar modulado pela iluminação natural do ambiente, ou seja, sem prejudicar a entrada de luz difusa, porém evitando, de modo geral, a insolação direta no interior da casa.

Em climas quente-úmidos, o sombreamento deve ser projetado de forma a permitir alguma entrada de radiação direta, normalmente antes das 10 horas da manhã ou após as 16 horas, para reduzir os efeitos da umidade sobre os ambientes.

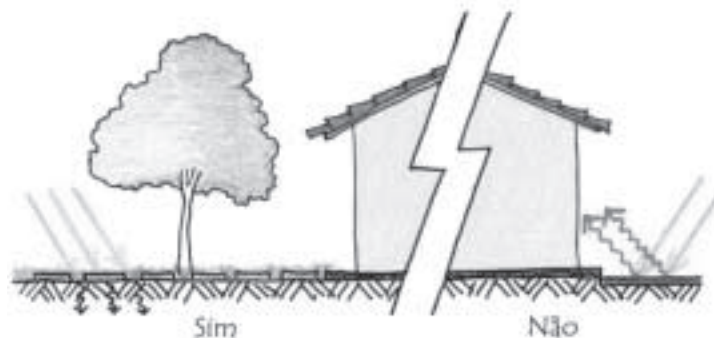
#### **Quanto ao lote e à implantação:**

*a. Para combater a insolação intensa no piso do entorno da casa, promover o plantio nas vias de circulação de árvores ou arbustos perenes e de poucas raízes. Em função da necessidade ou não de uso da ventilação, usar espécies locais de porte baixo, como eugênicas (pitangueiras, jabuticabeiras, cerejeiras), cássias e quaresmas, que diminuem a intensidade do vento. Caso seja necessário conciliar com a ventilação, priorizar espécies com copa alta e tronco sem galhos até 2,5 metros quando adultas ou aquelas passíveis de podas.*

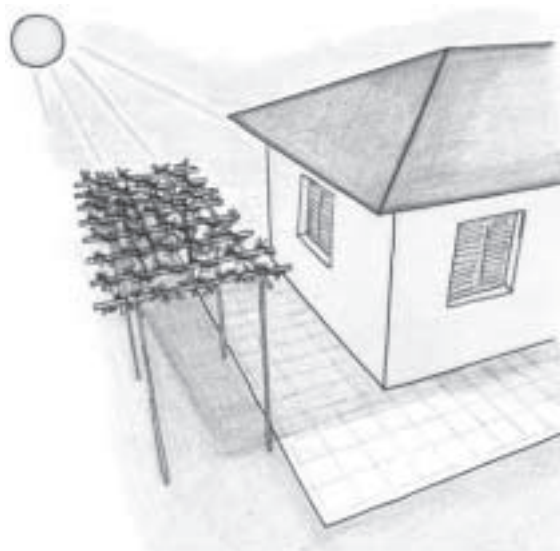
*Este plantio deve obedecer à geometria solar, de forma a garantir que as sombras projetadas incidam sobre as aberturas e demais fachadas que se deseje proteger.*



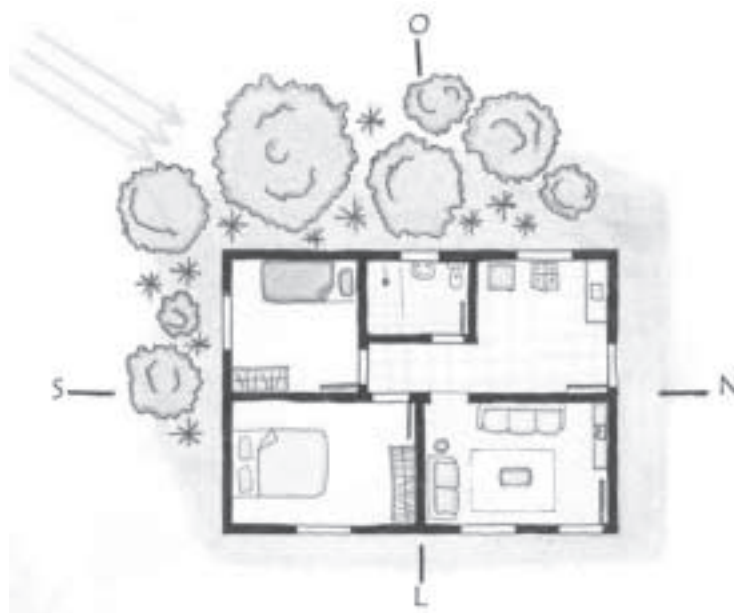
*b. Para reduzir o albedo (reflexão da radiação no solo em direção à casa), promover a cobertura vegetal via colocação de grama e arbustos onde não houver trânsito e na direção das aberturas, com opção de grandes vasos de plantas. Evitar ao máximo as superfícies impermeáveis, que devem ter acabamento claro para evitar o acúmulo de calor. Assim evita-se que durante a noite o piso irradie o calor guardado e aqueça o ambiente ao redor da casa. Preferencialmente, revestir com grama ou, onde houver pisoteio constante e tráfego de veículos, com pavimentação de blocos de concreto vazados plantados com grama dentro.*



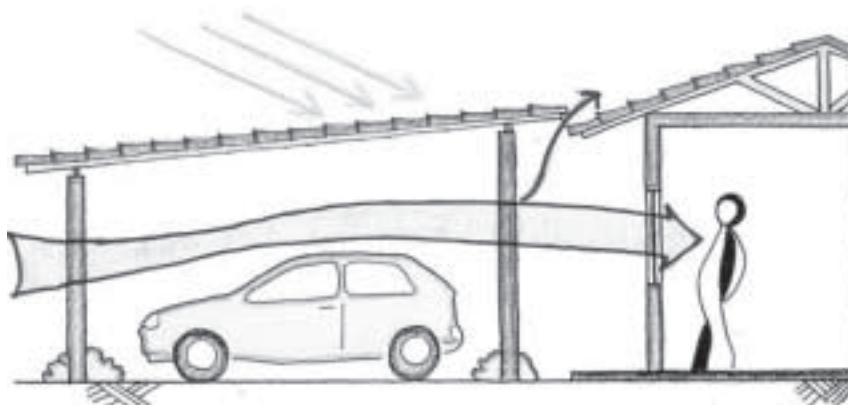
*c. Para barrar a radiação solar direta nas janelas, utilizar pérgulas com trepadeiras (exemplos no sudeste: alamanda, thumbergia, maracujá, eugênia, passiflora) ou mesmo vasos pendentes.*



*d. Para combater a insolação à tarde, plantar arbustos em frente às fachadas voltadas na direção Norte, Noroeste e Oeste, preferencialmente no caso de quarto. Se necessário, plantar árvores de copa densa. Localizar as janelas preferencialmente nas fachadas Leste (sol de manhã) ou Sul, principalmente para os quartos. Estudar a relação entre a insolação e a direção dos ventos e privilegiar este último a até 45° com a fachada.*

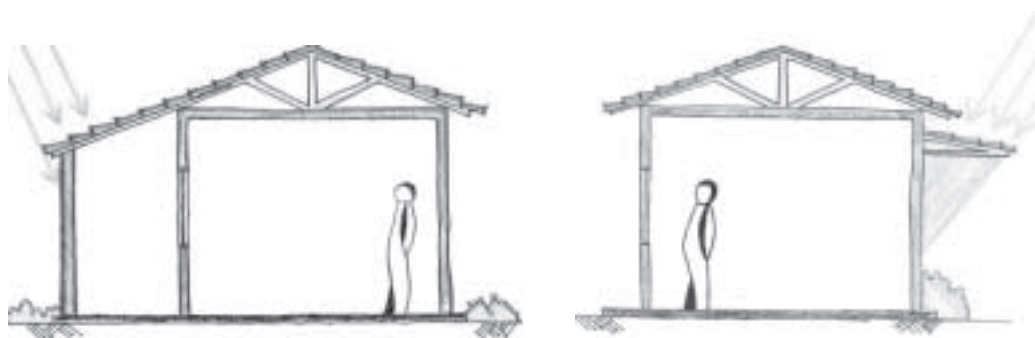


**e.** Prever anexos que protejam a casa da insolação intensa, sem dificultar o aproveitamento dos ventos.

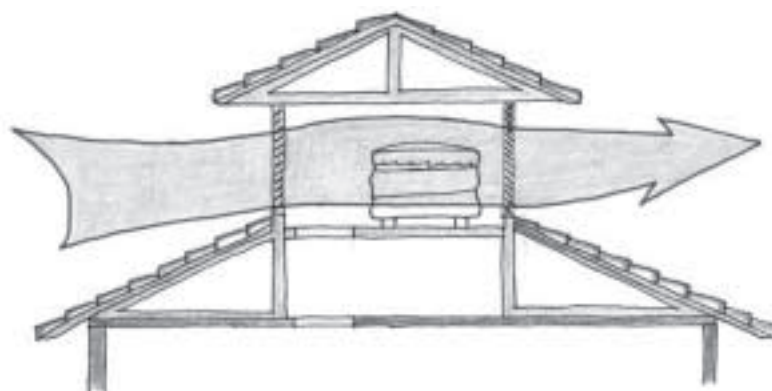


**Quanto aos elementos da casa – fachadas, cobertura e janelas:**

**a.** Quando há insolação intensa no verão, usar beirais generosos e varandas nas orientações Norte ou Norte e Sul nas latitudes próximas ao Equador.



**b.** Nos climas quentes e úmidos as caixas d'água superiores devem ser cobertas por telhados ventilados. Para o uso racional da água, usar caixas de descarga eficientes nos vasos sanitários, reduzindo o consumo de água e, conseqüentemente, de energia elétrica para o enchimento da caixa d'água.



*c. Proteger a insolação lateral nas fachadas com árvores de tronco alto, para não reduzir o acesso à ventilação.*



*d. Sempre proteger as janelas da insolação direta, exceto para banheiros, áreas de serviço e quartos até as 9 horas da manhã.*

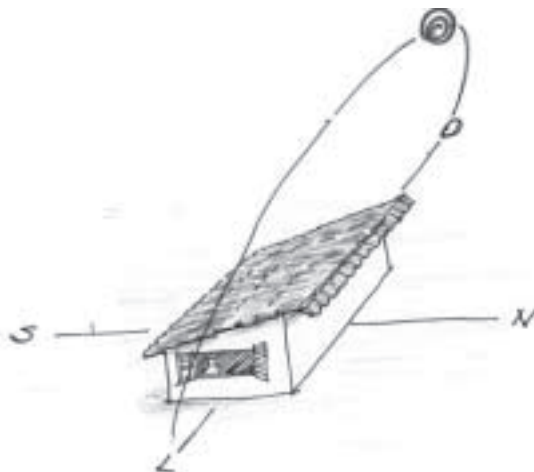


*e. Quando há insolação intensa na cobertura durante todo o dia, ou seja, quando não há sombra projetada por arborização, topografia ou outra edificação mais alta, verificar a possibilidade de criação de telhado de várias águas, reduzindo a metragem da água virada para Norte.*



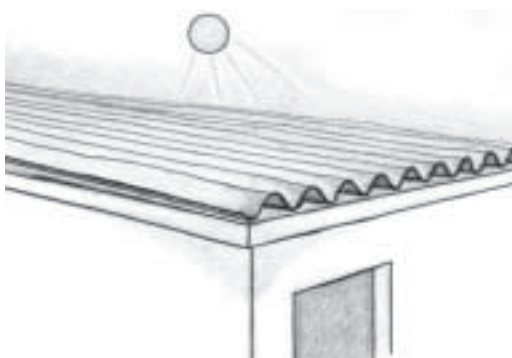


**f.** Quando não for possível a construção de um telhado de diversas águas, preferir telhados de uma água voltada a Sul. Voltada a Norte deve-se construir somente a área de cobertura necessária à colocação de coletores solares. Nestes casos, observar a inclinação de telhado adequada, que irá variar de acordo com a latitude local. Para detalhes, consultar o capítulo seguinte.



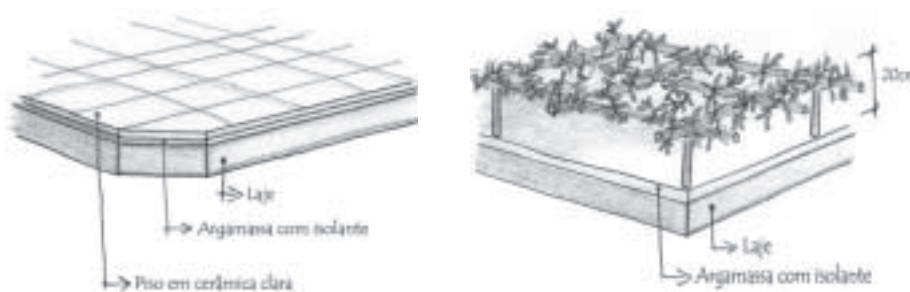
**g.** Optar preferencialmente pelos seguintes materiais de cobertura: telhas não pintadas ou envernizadas de barro, capa e calha desconectadas, demais telhas de barro diversas, telhas de fibras vegetais onduladas pintadas de branco acrílico, neve brilhante ou em outra cor clara. Preferir sempre revestimentos claros.

**h.** As lajes descobertas ou com revestimento asfáltico precisam ser cobertas com telhado e é preciso criar um vão, de maneira a garantir a ventilação entre o telhado e a laje, dissipando o calor e fazendo com que ele não passe para o interior da habitação.





*i. Caso não seja possível instalar um telhado sobre a laje, esta deve ser protegida com isolamento térmico, ou outro material que diminua a carga térmica da insolação, como o revestimento cerâmico claro ou treliça com vegetação.*



*j. Colocar uma superfície de alumínio, como, por exemplo, papel alumínio colado sobre compensado ou isopor, sobre a face interna inferior do forro. O forro de alumínio não pode ser hermeticamente vedado. A pouca capacidade térmica do alumínio é usada para reduzir a radiação vinda do telhado, deixando, no entanto, que o calor se esguese aos poucos entre as placas e saia pelo ático.*

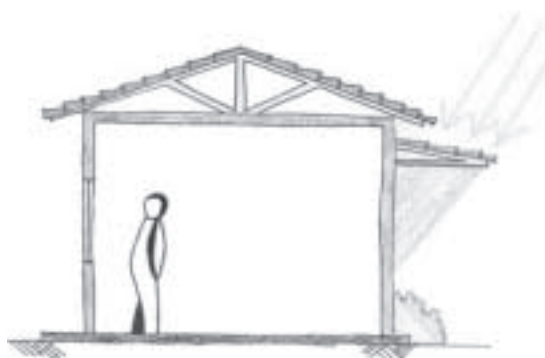


*l. Utilizar hera tipo unha de gato (ficus pumila) sobre parede reestucada com traço forte (atenção às fissuras) sem cal. Podem ser usadas trepadeiras sobre alambrados, cercas de madeira ou tela plástica aberta.*

*m. Revestir as paredes externas com pintura ou revestimento cerâmico em cor muito clara.*



*n. Sombrear as paredes externas com beiral ou toldo ventilado.*



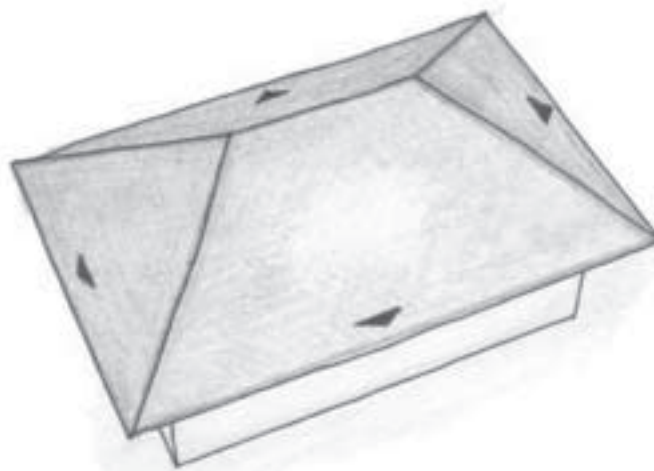
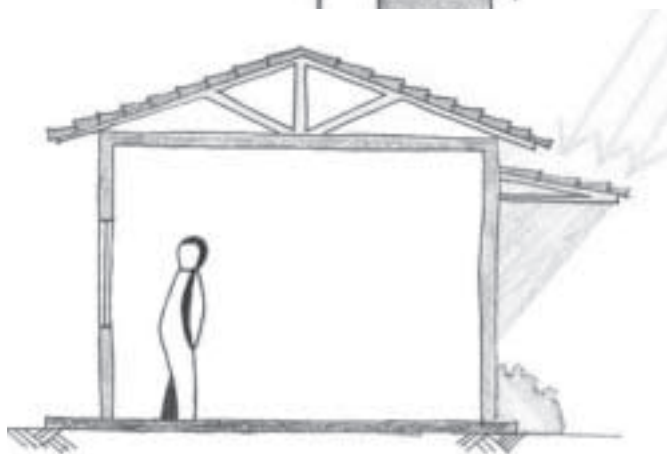
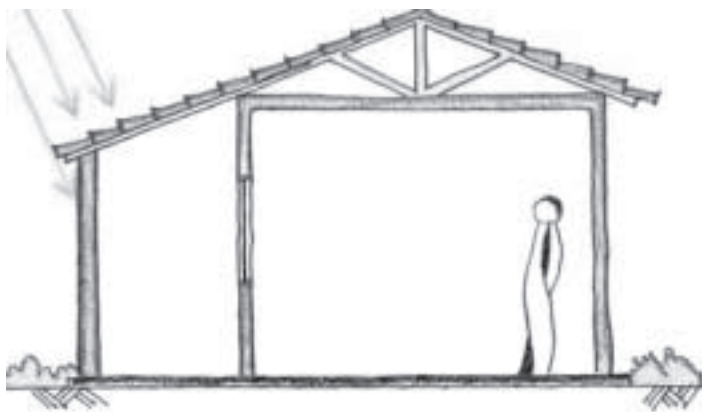
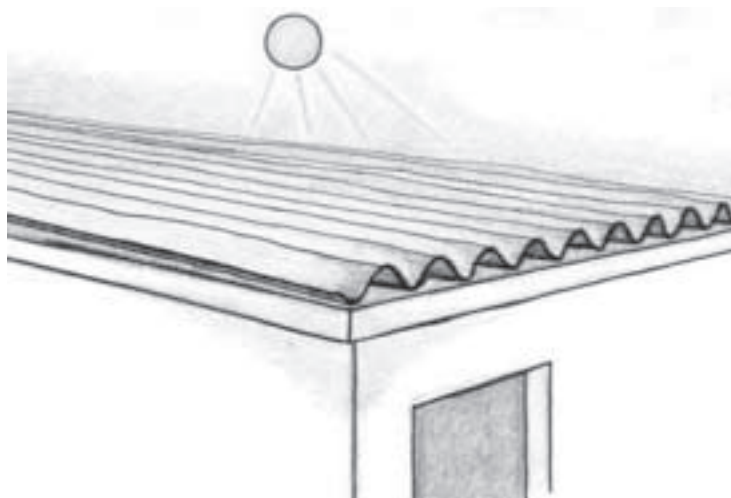
**Quanto ao interior da casa – a divisão dos cômodos e seu revestimento:**

*a. Dispor os cômodos pouco ocupados à tarde e à noite – cozinha, banheiro e área de serviço – para as fachadas Norte, Noroeste ou Oeste. Já os quartos devem ser dispostos voltados para fachadas Leste, Sul ou Sudeste. Verificar a proximidade de fontes de ruído consideradas incômodas pelos moradores.*



*b. Em climas quentes, o piso dos quartos onde incidir a radiação solar não deve ser em cor escura ou em pedra.*

# Uso da energia solar – coletores solares térmicos





## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Devido à procura do homem pela maior utilização de fontes de energia renováveis e economicamente viáveis, a busca pelo uso de coletores solares para aquecimento de água tem crescido no Brasil e em todo o mundo.

A aplicação desta tecnologia simples, de médio custo e de fácil manutenção se faz associada a decisões de arquitetura no tocante a posicionamento de telhados, dimensionamento de ático e mesmo especificação de torneiras.

São necessários cálculos simples de dimensionamento de água quente, um adequado posicionamento dos coletores e reservatórios, a escolha de equipamentos que tenham selo de qualidade, para garantia de qualidade e longevidade do sistema e, sobretudo, uma solução de arquitetura que preveja esta situação para os projetos em andamento e para as construções já executadas.

Neste documento procuramos trazer orientações simples, rápidas e objetivas, que permitam auxiliar nas decisões do projeto de cobertura que possam contemplar esta instalação.

Os coletores devem ser colocados em sua posição ideal, para aproveitar plenamente a trajetória do Sol, ou seja, a Norte<sup>1</sup> em nosso hemisfério ou a Sul no hemisfério Norte (que ainda contempla pequena parte do território brasileiro), com inclinações ideais variando em função da latitude, como apresentado a seguir.

## O DIMENSIONAMENTO

Para o projeto, segue-se uma série simples de quatro passos de concepção, associados a informações de fontes fidedignas (INMETRO,

ABNT, INMet) para os cálculos necessários:

- Cálculo do consumo de água quente;
- Cálculo do número de placas de coletores;
- Cálculo e localização da superfície de telhado virada a Norte mínima útil;
- Escolha dos equipamentos de consumo, como torneiras e misturadores.

Estas decisões nos levarão a um projeto de arquitetura que respeite as necessidades de funcionamento do sistema, como ilustrado abaixo:

**FIGURA 17: DESENHO ESQUEMÁTICO**  
**FONTE: [WWW.SOLETROL.COM.BR](http://WWW.SOLETROL.COM.BR)**



### **Quantidade de água quente necessária a cada tipo de projeto:**

Para dimensionar o número de coletores e o volume do *boiler* a serem utilizados num determinado projeto, é necessário saber o número de usuários e o tipo de atividade envolvendo água quente. Esse cálculo nos dará a quantidade de água quente necessária por dia<sup>2</sup>. A partir daí é só escolher um reservatório térmico que atenda a estas especificações.

Vários autores nos dão valores médios para o consumo de água quente<sup>3</sup>. O importante é

<sup>1</sup> Norte solar, ou verdadeiro, e não o Norte magnético.

verificar se o usuário está “na média” ou se precisa de um suplemento (desperdício assumido, doentes em casa, piscinas, locais muito frios, aparição de hóspedes freqüentes etc.).

Abaixo selecionamos alguns dos consumos médios, retirados da Norma NB-128 da ABNT e do Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica, do IBAM/PROCEL, que se complementam:

**TABELA 7: CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA QUENTE POR DIA (FONTE: ABNT – NB 128 – TABELA I)**

Alojamento provisório de obra	24	litros por indivíduo
Casa Popular ou rural	36	litros por indivíduo
Residência	45	litros por indivíduo
Apartamento	60	litros por indivíduo
Quartel	45	litros por indivíduo

**TABELA 8: CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA AQUECIDA EM AMBIENTES RESIDENCIAIS (FONTE: IBAM/PROCEL – MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA, RIO, 2003)**

Chuveiro	50	litros por banho
Banheira para uma pessoa	100	litros por banho
Banheira para duas pessoas	200	litros por banho
Torneira de água quente	50	litros por dia
Máquina de lavar pratos	150	litros por dia
Máquina de lavar roupa	150	litros por dia

<sup>2</sup> A questão da altitude também merece ser considerada: quanto mais alto, menores são, para um mesmo local, as temperaturas noturnas, por exemplo, e maior costuma ser o consumo de água quente.

<sup>3</sup> Caberá ao arquiteto, se quiser otimizar financeiramente sua escolha, verificar a redução possível no volume do reservatório e no número de placas coletoras quanto mais baixa for a latitude de seu local, pois, quanto mais próximo ao Equador, menores serão os requisitos de água quente ao longo dos dias do ano.

Este cálculo nos permite chegar ao dimensionamento do reservatório térmico de água quente, que opcionalmente poderá ser um *boiler* ou aquecedor elétrico de acumulação, caso se entenda que é interessante ter a opção de também aquecer a água, alternativamente, com energia elétrica.

Podemos colocar todo o volume em um só reservatório térmico — o que é o mais simples em termos de instalação — ou, em caso de problemas de peso na estrutura ou altura do forro, em dois. Esta solução é bastante recomendável quando abastecemos também a cozinha com o mesmo sistema.

A seguir são apresentados valores indicados pela ABNT e por alguns fabricantes que receberam o selo PROCEL:

**TABELA 9: DIMENSIONAMENTO INDICADO PARA AQUECEDORES ELÉTRICOS DE ACUMULAÇÃO (FONTE: ABNT – NB 128 – TABELA II)**

CONSUMO DIÁRIO A 70°C (LITROS)	CAPACIDADE DO AQUECEDOR (LITROS)	POTÊNCIA (KW)
60	50	0,75
95	75	0,75
130	100	1,00
200	150	1,25
260	200	1,50
330	250	2,00
430	300	2,50
570	400	3,00
700	500	4,00
850	600	4,50
1150	750	5,50
1500	1000	7,00
1900	1250	8,50
2300	1500	10,00
2900	1750	12,00
3300	2000	14,00
4200	2500	17,00
5000	3000	20,00

**TABELA 10: DIMENSIONAMENTO INDICADO PARA AQUECEDORES SOLARES DE ACUMULAÇÃO**  
**FONTE: ACQUASOL - [WWW.CLICKRJ.ACQUASOL.COM.BR](http://WWW.CLICKRJ.ACQUASOL.COM.BR)**

CAPACIDADE (LITRO)	DIÂMETRO (M)	COMPRIMENTO (M)	POTÊNCIA	PRESSÃO
75 litros	0,46m	0,78m	1.500W	4 Kg/cm <sup>2</sup>
100 litros	0,46m	1,00m	1.500W	
150 litros	0,46m	1,40m	1.500W	
200 litros	0,56m	1,20m	3.000W	
300 litros	0,56m	1,70m	3.000W	
400 litros	0,64m	1,70m	5.000W	
500 litros	0,64m	1,90m	5.000W	

**TABELA 11: DIMENSIONAMENTO INDICADO PARA AQUECEDORES SOLARES DE ACUMULAÇÃO**  
**BOILERS DE BAIXA PRESSÃO FONTE: SOLETROL - [WWW.SOLETROL.COM.BR](http://WWW.SOLETROL.COM.BR)**

CAPACIDADE (LITROS)	DIÂMETRO (MM)	COMPRIMENTO (MM)	POTÊNCIA (WATTS)	PRESSÃO (M.C.A.)	PESO (KG)
200	900	1600	3500	2(cobre) 5(inox)	213 / 217
300	900	2100			317 / 322
400	900	2440			422 / 429
500	900	2840			528 / 536

**TABELA 12: DIMENSIONAMENTO INDICADO PARA AQUECEDORES SOLARES DE ACUMULAÇÃO**  
**BOILERS DE ALTA PRESSÃO FONTE: SOLETROL - [WWW.SOLETROL.COM.BR](http://WWW.SOLETROL.COM.BR)**

CAPACIDADE (LITROS)	DIÂMETRO (MM)	COMPRIMENTO (MM)	POTÊNCIA (WATTS)	PRESSÃO (M.C.A.)	PESO (KG)
500	900	2840	3500	40	536
600	900	3192			643
800	900	4010			862
1000	900	4950			1075

### ***Cálculo do número de placas de coletores***

O funcionamento do sistema de aquecimento solar depende fundamentalmente da qualidade das placas coletoras e do correto dimensionamento de seu número.

A qualidade deve ser atestada pela outorga do selo de qualidade ISO 9001 ou pelo selo PROCEL/INMETRO. Dada à facilidade

de certificação, uma placa não certificada deve ser considerada suspeita quanto a seu funcionamento ao longo do tempo. Se a borracha vedante for de má qualidade, pode ressecar, e o ar quente aprisionado escapará. O vidro poderá trincar pela diferença brusca de temperatura entre períodos de intensa insolação e chuvas repentinas, tão comuns ao nosso clima, e que são outros problemas que podem conduzir à perda de aquecimento da água.



Já o projeto da área (ou do número de placas) depende basicamente de 4 parâmetros<sup>4</sup>, alguns intimamente ligados à decisão do arquiteto e do terreno escolhido.

- Inexistência de sombras projetadas sobre as placas (árvores, construções vizinhas, caixa d'água superior, casa de elevadores, etc.), principalmente no inverno;
- Orientação do coletor — a trajetória virtual do sol de Leste a Oeste permite que o coletor orientado a Norte potencialmente receba sol o dia inteiro, reduzindo a área de coleta ou o número de placas; valores até 15° NE ou 15° NO

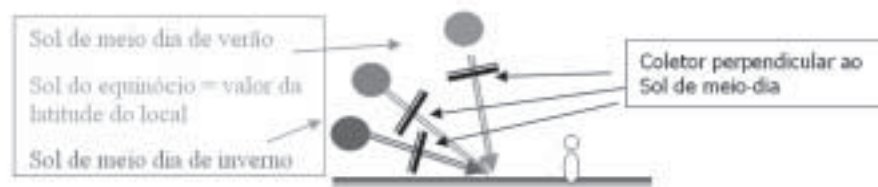
não afetam significativamente a eficiência do sistema;

- Inclinação do coletor — o ideal é colocá-lo perpendicular à altura solar média do inverno ao meio-dia, ou seja, a latitude do local acrescida de 15° é uma boa estimativa para aquecimento de água com foco no período de inverno.

Na realidade, a inclinação ideal do coletor baseia-se no estudo da diferença de altura solar entre verão e inverno.

Em cada estação, o melhor aproveitamento dos coletores se dá quando estes estão perpendiculares à sua altura ao meio-dia.

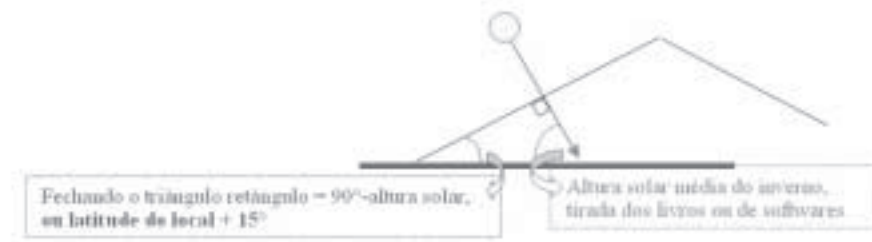
**FIGURA 18: ALTURAS DIFERENTES DO SOL AO MEIO DIA DO SOLSTÍCIO DE VERÃO E OTIMIZAÇÃO DOS COLETORES POR ESTAÇÃO**



Evidentemente, no inverno, algumas vezes e em alguns locais, estes valores ótimos obtidos podem se revelar não adequados para a cobertura ou telhado idealizado. Nestes casos, a solução de arquitetura será incorporar a área necessária na superfície do

telhado da forma mais integrada possível. Uma segunda opção é conciliar valores menos eficientes no extremo inverno, porém, mais integrados aos valores tradicionais de inclinação de telhas de barro e onduladas, com um aumento da área coletora.

**FIGURA 19: PROJETO DE TELHADOS PARA INCORPORAÇÃO DE COLETORES OTIMIZADOS PARA INVERNO**



<sup>4</sup> Alguns outros fatores – como a temperatura da água da rede e as condições de nebulosidade – também intervêm neste processo e devem ser levados em conta em situações climáticas mais severas ou necessidade de cálculos mais precisos.

Os valores abaixo ilustram inclinações de coletores para algumas cidades brasileiras, considerando a orientação Norte e a latitude

do local, segundo alguns fabricantes e comparadas com o programa RADLITE 2 (CASTRO).

**TABELA 13: INCLINAÇÃO DOS COLETORES, SEGUNDO FORNECEDORES E LOCALIDADES**  
**FONTES: DIVERSAS**

INCLINAÇÃO DOS COLETORES LOCALIDADE (LATITUDE)	ESPECTROSOL LTDA	PANTHO COMÉRCIO (LAT + 10°)	PROGRAMA RADLITE (+OU-5°)
Belém (1°27'21"S)	10°	11,5°	1,50°
Manaus (3°06'07"S)	10°	13,15°	3,10°
Fortaleza (3°43'02"S)	10°	13,75°	3,75°
Maceió (9°39'57"S)	10°	19,65°	9,65°
S. Luiz (2°31'47"S)	10°	12,65°	2,50°
Natal (5°47'42"S)	10°	15,75°	5,75°
J. Pessoa (7°47'42"S)	10°	17,10°	7,10°
Recife (8°03'14"S)	10°	18,10°	8,02°
Goiânia (16°40'43"S)	20°	26,65°	16,65°
Aracaju (10°54'40"S)	20°	20,90°	10,90°
Salvador (12°58'16"S)	20°	22,95°	12,95°
Rio de Janeiro (22°54'10"S)	30°	32,90°	22,90°
S. Paulo (23°32'51"S)	30°	33,50°	23,50°
B. Horizonte (19°55'15"S)	30°	29,90°	19,90°
Vitória (20°19'10"S)	30°	30,30°	20,30°
Curitiba (25°25'40"S)	35°	35,40°	25,40°
Florianópolis (27°35'48"S)	40°	37,55°	27,55°
P. Alegre (30°01'59"S)	40°	40°	40°

Salientando, mais uma vez:

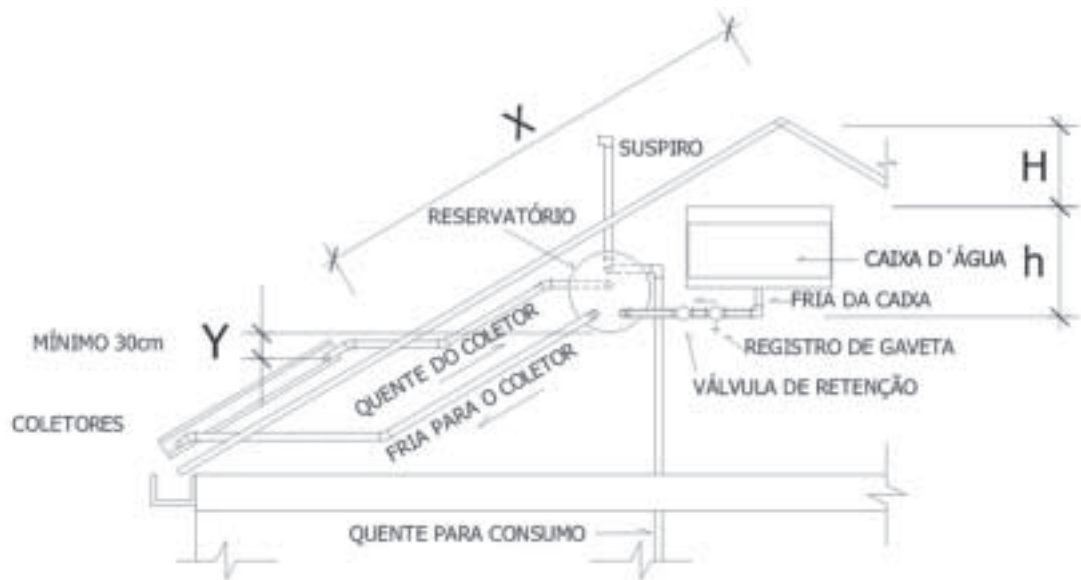
- Que nas latitudes muito próximas ao Equador (0°), mesmo que os valores indiquem uma inclinação muito baixa, será necessário pensar na questão do escoamento das águas de chuvas que são também responsáveis pela contínua limpeza dos coletores;
- Que, para otimizar a situação de inverno, será preferível trabalhar com a altura solar do solstício de inverno e não com a simples latitude.

#### **Cálculo da superfície de telhado**

A superfície útil para colocação dos coletores é retangular (eliminada a zona do espigão) e voltada para o Norte.

Uma vez tendo o diâmetro do reservatório e a área de coleta solar expressa em número de coletores (com suas respectivas dimensões), podemos calcular a superfície de telhado que será aproveitada para sua colocação, considerando alguns requisitos termodinâmicos de funcionamento do sistema.

**FIGURA 20: CORTE ESQUEMÁTICO DE UM TELHADO COM OS PRINCIPAIS ELEMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR – FUNCIONAMENTO POR TERMO-SIFÃO**



Olhando o desenho esquemático acima, que mostra um corte vertical padrão, verificam-se espaços *não-aedificand*, resultado de algumas decisões a critério do arquiteto:

- Como a caixa d'água deve ser limpa, é preciso prever uma altura para que se tire a tampa e se limpe o lado interno (H);
- Em seguida, um outro dado (h), é o resultado da altura da caixa d'água projetada, mais o espaço para colocação do joelho que leva até a entrada de água fria do reservatório (*boiler*) e que deve ser mais baixo para que a gravidade faça naturalmente o abastecimento da água fria necessária da caixa d'água para o *boiler*;
- Para o sistema funcionar corretamente por termo-sifão, é necessário um desnível vertical (Y) mínimo de 30cm<sup>5</sup> entre a parte de baixo do *boiler* e a saída de água quente (parte superior) da placa coletora, bem como um desnível da

parte de cima do coletor para a entrada de água quente do *boiler*.

Obtendo o diâmetro do reservatório apropriado e o número de placas necessárias, segundo a área por placa de cada fabricante, é possível colocar os valores no corte esquemático da Figura 20 acima e determinar que região do telhado (X) não pode ser ocupada com os coletores.

Naturalmente, são possíveis outras disposições relativas ao sistema reservatório-caixa d'água-coletor. Por exemplo, alinhadas no sentido longitudinal, desde que os desníveis sejam respeitados. Da mesma forma, para os que podem optar por telhados com pé-direito alto, o reservatório na posição vertical é ainda mais eficiente.

Seguindo estes procedimentos, um projeto de cobertura estará preparado para receber, a qualquer momento, a instalação de coletores solares para aquecimento de água.

O não atendimento a esse dimensionamento, porém, pode gerar necessidade de mudanças na inclinação do telhado, apêndices metálicos sobre o mesmo,

<sup>5</sup> Alguns fabricantes falam em máximo de 5 metros para baixa pressão.

ou ainda espaços insuficientes para a colocação dos coletores necessários. Além disso, o eventual excesso de cobertura não aproveitável orientada para Norte repercutirá negativamente no conforto térmico de verão, por favorecer o sobreaquecimento dos ambientes, na maior parte do território brasileiro.

### ***Torneiras e misturadores***

Uma das maiores causas de falha do projeto de sistema de aquecimento solar costuma ser seu principal alvo: o usuário.

Como visto na seção anterior, acertar o consumo de água quente diário é o primeiro passo. O segundo é ajudar o usuário — via projeto de arquitetura — a administrar a vazão e a temperatura da água.

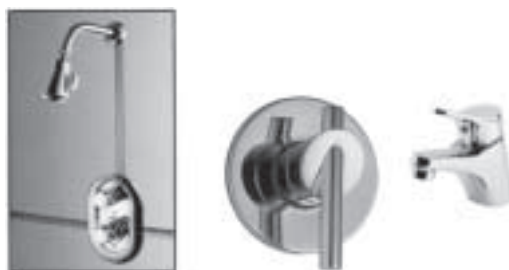
A vazão representa a quantidade de água — em l/s — que o usuário usa para seu banho. Varia de pessoa para pessoa o “jato” de água de banho desejado, o que é um direito que deve ser respeitado. Entretanto, quando aumentamos a vazão de água fria só porque a água está quente — e é preciso que se diga que ela pode sair entre 50°C e 70°C — estamos desnecessariamente consumindo a quantidade de água quente no *boiler*.

Em geral, no inverno, os primeiros usuários recebem a água inicialmente em uma temperatura mais baixa, porque os canos estão frios (e às vezes não isolados), o que os impele a abrir muito a água quente e em seguida bastante da água fria para “compensar” o excesso de temperatura da água recebida.

A solução arquitetônica é a especificação do monocomando ou misturador, e não de duas torneiras separadas, quente e fria. O monocomando é um registro de banheiro que conjuga estas duas funções: vazão e temperatura de água. Assim, o usuário tomará banho na vazão desejada, com a temperatura

desejada, sem que o sistema perca desnecessariamente água quente.

**FIGURA 21: ALGUNS EXEMPLOS ENCONTRADOS NO MERCADO DE MISTURADORES/ MONOCOMANDOS PARA CHUVEIRO E PIA**  
**FONTES: DIVERSOS FABRICANTES**



### ***Coletores em lajes planas***

O uso do sistema por termo-sifão parte do princípio físico de que a água aquecida pelo Sol, por se tornar mais leve, ascende e, contida pelos tubos, vai naturalmente para o *boiler*. Por isso, sua posição deve ser mais elevada que a do coletor. A alimentação de água fria do *boiler* também se dá naturalmente, por gravidade. É necessário então que a base da caixa d'água esteja acima da entrada de água fria do *boiler*, e que a alimentação para a distribuição se dê por gravidade, a partir da saída de água quente, motivo de sua instalação acima do forro.

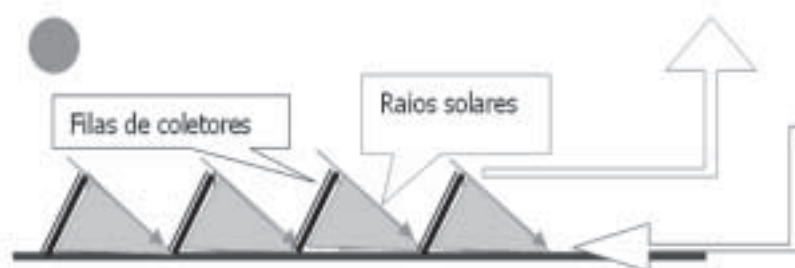
No entanto, algumas vezes, em prédios multifamiliares, é necessário colocar estes coletores sobre lajes. O cálculo é um pouco menos simples que o apresentado, porque envolve por vezes alguns outros equipamentos complementares, mas a sua estimativa de área disponível é similar.

No contexto destas recomendações, o importante é saber que os coletores ficarão alinhados, faceando a direção Norte, com a inclinação necessária para o local.

O procedimento para o cálculo da área necessária não muda. Uma vez encontrado, determina, em função do coletor escolhido, o número de placas a utilizar.

A questão das sombras projetadas permanece, acrescida apenas daquelas projetadas de uma fileira de coletores sobre a que a segue atrás. Um estudo sobre as cartas solares permite calcular seu espaçamento.

**FIGURA 22: CROQUIS DE ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DE COLETORES COLOCADOS SOBRE LAJE PLANA**



#### **Apoio elétrico ou a gás**

O sistema de aquecimento solar é contínuo durante o dia, até nos nublados. Entretanto, mesmo quando bem projetado, pode não ser suficiente para atender sozinho a esta demanda não projetada, em função de uma série de dias nublados sucessivos, de um aumento imprevisto no consumo, por conta de visitas, doenças etc.

Neste caso, projeta-se o que se chama de “sistema auxiliar ou de apoio”. Pode ser elétrico — uma resistência que já vem colocada dentro do reservatório, acionada manualmente ou automaticamente via termostato — ou a gás, através de um aquecedor de passagem. Esse sistema — que funciona quando o sistema não consegue atender sozinho a sua demanda — garante a qualidade do serviço de fornecimento de água quente e, mesmo quando acionado, consumirá menos que o padrão, uma vez que estará trabalhando sobre uma água pré-aquecida pelos raios do sol.

O cálculo preciso da quantidade de coletores em cada local depende, além das etapas descritas aqui, do conhecimento de

dados como a temperatura de água da rede, a quantidade de dias nublados sequenciais e a garantia das especificações técnicas contidas no folheto do fabricante (propriedades óticas dos vidros, resistência das borrachas de vedação etc).

Com estes dados podemos utilizar programas computacionais (por exemplo, F-chart, Sunchart) para fazer os cálculos com precisão. Eles certamente garantem a melhor relação custo-benefício.

Se for, porém, necessário um cálculo rápido, preliminar para um estudo, considerando a otimização dos parâmetros anteriores (latitude, inclinação, sem sombras próximas e tubulação de saída isolada) é possível utilizar o seguinte método para o cálculo da área de coletores:

Quantidade de placa ( $m^2$ ) =  $1 m^2$  de placa inicial para iniciar o sistema +  $1 m^2$  para cada 100 litros de água quente, ou fração.

Ex: Para 250 litros de água quente, previstos para o *boiler*, usar:  $1+3 = 4 m^2$  de placa de coletor.

Este cálculo preliminar de forma alguma deve substituir um cálculo mais acurado, na fase de concepção do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABILUX; MASCARÓ J.; MASCARÓ L. Iluminação: uso racional de energia elétrica em edificações. São Paulo: ABILUX, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 128: instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. NBR 15.220-3: zoneamento bioclimático brasileiro. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. NBR 10.152: níveis de Ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- AGUESSE, P. Chaves da ecologia. Rio de Janeiro: Ed. Civilização Brasileira, 1972.
- AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; RIOS FILHO, L. G. Atlas eólico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro Eletrobolt-Camargo-Schubert, 2005.
- BAHIA, S.; GUEDES, P.; THOMÉ, M.; LA ROVERE, A. Modelo para elaboração de código de obras e edificações. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1997.
- BRASIL. Segurança e medicina do trabalho. 45. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000. (Manuais de Legislação Atlas)
- CASTRO, E. B. de. Light-Shelf: Estudo da sua eficiência lumínica Através de Simulação Computacional. 1996. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – PROARQ-FAU/UFRJ. Rio de Janeiro, 1996.
- CHATELET, A.; FERNANDEZ, P.; LAVIGNE, P. Architecture climatique: une contribution au développement durable. Concepts et dispositifs. França: Ed. EDISUD Aix-en-Provence, 1998.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- CREDER, H. Instalações hidráulicas. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1986.
- CSTB; MILLET, J.; SACRÉ, C.; GANDEMER, J.; BARNAUD, G. Guide sur la climatisation naturelle en climat tropical humide - tome 1. Paris: STB, 1992.
- EDF-CSTB. La conception thermique des batiments en Martinique.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. O mercado de energia elétrica em 2004. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/FECHAMENTO%20DO%20MERCADO%20DE%202004.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2005.
- FERNANDES, M. Agenda habitat para municípios. Rio de Janeiro: IBAM, 2003.
- FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico. São Paulo: Nobel, 1988.
- GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. Energy and building, vol.18, july/92.
- \_\_\_\_\_. L'Homme, l'architecture et le climat. Paris: Eyrolles, 1978.
- GOIÁS. Lei Nº 13.532, de 15 de outubro de 1999. Dispõe sobre a transformação da Companhia de Habitação de Goiás em Agência Goiana de Habitação e dá outras providências. Governo do Estado de Goiás, Gabinete Civil da Governadoria, Superintendência de Legislação. Disponível em: <[http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis\\_ordinarias/1999/lei\\_13532.htm](http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/1999/lei_13532.htm)> Acesso em: 2 nov. 2005.
- GRET. Bioclimatisme en zone tropicale: dossier Technologies et Développement, programme interministeriel REXCOOP. Paris: Ministère de la Coopération, 1986.
- HERNOT, D.; PORCHER, G. Thermique appliquée aux bâtiments. Chaud-Froid-Plomberie: Les éditions parisiennes, 1984.
- HERTZ, J. Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira, 1998.
- HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. Iluminação natural. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Apresenta dados geográficos do Brasil em 2001 (Mapa). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 nov. 2005.
- \_\_\_\_\_. Proporção da população residente, por grupos de idade, segundo as grandes regiões e unidades da federação - 1980/2000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia\\_demografica/tabela12.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia_demografica/tabela12.shtm)>. Acesso em: 7 nov. 2005
- \_\_\_\_\_. Proporção de domicílios particulares permanentes, por condição de ocupação, segundo as grandes regiões e unidades da federação - 1980/2000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia\\_demografica/tabela40.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia_demografica/tabela40.shtm)>. Acesso em: 7 nov. 2005

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS.  
Implantação de conjuntos habitacionais:  
recomendações para adequação climática e  
acústica. São Paulo: IPT, 1986.
- ISO. ISO 7730. Moderate thermal environments:  
Instruments and Methods for Measuring Physical  
Quantities. 1994.
- KOENIGSBERGER et al. Viviendas y edificios en zonas  
cálidas y tropicales. Madrid: Ed. Paraninfo, 1977.
- KRAUSE, C. M. L. B. Coberturas, conforto higrotérmico,  
edificações: ponderações e propostas para clima  
tropical úmido em situação de verão. 1990.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura) –  
PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 1990.
- \_\_\_\_\_. La climatisation naturelle: modélisation des  
objets architecturaux, aide à la conception en  
climat tropical. 1995. Tese (Doutorado)- CENERG/  
ENSMF/França, França, 1995.
- LAMBERTS, R.; LOMARDO, L.; AGUIAR, J. C. Eficiência  
energética em edificações: estado da arte. Rio de  
Janeiro: PROCEL/ELETRONBRAS, 1996.
- \_\_\_\_\_; PEREIRA, F.; DUTRE, L.; GOULART, S. Eficiência  
energética na arquitetura. São Paulo: PW Editores,  
1998.
- MAIA, J. L. P. (Coord.). Manual de prédios eficientes  
em energia elétrica. 15. ed. Rio de Janeiro: IBAM/  
ELETRONBRAS/PROCEL. 2002.
- MASCARENHAS, A. C. R.; NUNES, D. Avaliação do  
consumo de energia após melhoria nas  
instalações elétricas internas e substituição de  
lâmpadas em habitações populares. Maceió,  
AL. 2005. 10 p. ENCAC (Encontro Nacional, 8 e  
Encontro Latino-americano, 4 sobre Conforto  
no Ambiente Construído), Maceió, 2005. Artigo  
técnico.
- MASCARÓ, L. Energia na edificação: estratégia para  
minimizar seu consumo. Rio de Janeiro: Ed.  
Projeto, 1985.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. SNIU: Sistema Nacional  
de Indicadores Urbanos. Disponível em:  
<<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 4  
nov. 2005.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Atlas do  
potencial eólico brasileiro. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas-web.htm](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm)>. Acesso em: 07 nov. 2005.
- NIEMEYER, M. L. A. Ruído urbano e arquitetura em  
clima tropical úmido. 1998. Dissertação  
(Mestrado em Arquitetura)-PROARQ- FAU/UFRJ,  
Rio de Janeiro, 1998.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO.  
Histórico da operação: geração de energia 2001-  
2004. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia\\_out.aspx?area=>](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia_out.aspx?area=>)>. Acesso em: 7 nov. 2005.
- OTTONI, M. M. P. Iluminação zenital: uma tentativa de  
adequação às condições climáticas da cidade do  
Rio de Janeiro. 1990. Dissertação (Mestrado em  
Arquitetura)-PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro,  
1990.
- QUINTEROS, A. R. Aquecimento de água por energia  
solar. Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/andre2.html>>. Acesso em: 7 nov. 2005.
- SOUZA, L. C. L. de; ALMEIDA, M. G. de; BRAGANÇA, L.  
Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a  
arquitetura. São Paulo: LCL de Souza, 2003.
- TAKEDA, N. I. Habitação popular. IAB/PR, Trabalho nº  
13, 2º lugar. Concurso Público Nacional de  
Anteprojeto no Estado do Amazonas.  
Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/institucional/inst113/inst113\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/institucional/inst113/inst113_02.asp)>. Acesso  
em: 02 nov. 2005.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Dicas para  
construção e reforma: conforto ambiental,  
ambientes saudáveis, conta de luz mais baixa.  
São Paulo, 2004.

## SITES DE INTERESSE

- ANTAC. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. <http://www.npc.ufsc.br/~antac>.
- BOILER (TIPOS COM PROCEL). <http://www.krsolar.com.br/asp/pesquisa.asp>  
<http://www.astrosol.com.br/sites/astrosol/dimensionamento.asp>  
<http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/andre2.html>  
[http://www.astrosol.com.br/sites/astrosol/produto\\_aquecedor\\_solar\\_convencional.asp](http://www.astrosol.com.br/sites/astrosol/produto_aquecedor_solar_convencional.asp)  
[http://www.soletrol.com.br/Orcamentos/especifique\\_on-line/](http://www.soletrol.com.br/Orcamentos/especifique_on-line/)



COMITE D’ACTION POUR LE SOLAIRE. E-mail

[SUNNIE.WATT@utopia.fnet.fr](mailto:SUNNIE.WATT@utopia.fnet.fr)

CONSULTA DE LATITUDE. [http://](http://www.aondefica.com/lat_3_.asp)

[www.aondefica.com/lat\\_3\\_.asp](http://www.aondefica.com/lat_3_.asp)

PROCEL. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO

DE ENERGIA ELÉTRICA. [Http://](http://www.elektrobras.com/procel)

[www.elektrobras.com/procel](http://www.elektrobras.com/procel)

## GLOSSÁRIO

**Barlavento** – lado de onde vem o vento ou lado exposto ao vento.

**Calor** – calor é a energia transferida entre corpos de diferentes temperaturas e ocorre até que os dois atinjam uma mesma e nova temperatura, situada entre as anteriores. É medido em unidade de energia, que no sistema internacional é representada pelo Joule (J).

**Clima** – é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam, durante um período longo, o estado médio da atmosfera e sua evolução em determinado lugar.

**Cobertura naturada** – ou cobertura verde, tipo de cobertura, feita com brita ou argila expandida e vegetação resistente à insolação direta e que conta com um sistema de drenagem de águas pluviais.

**Condensação** – é a troca térmica proveniente da mudança de estado gasoso para líquido. O ar possui uma certa capacidade de retenção de água, sob a forma de vapor, que aumenta, sobretudo à medida que a temperatura aumenta. Quando o ar é resfriado, esta capacidade se reduz, podendo chegar a uma temperatura limite (temperatura de ponto de orvalho).

**Condução** – consiste na troca de calor entre dois corpos em contato, ou dois pontos de um mesmo corpo, que estejam a temperaturas diferentes. O valor desta troca é chamado de densidade do fluxo térmico.

**Condutividade térmica** – propriedade física que depende da densidade do material e representa sua capacidade de condizir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Sua unidade é W/mK.

**Convecção** – troca de calor entre dois corpos em contato, sendo um deles sólido e outro fluido (líquido ou gás), que estejam a temperaturas diferentes.

**Diagrama psicrométrico** – reunião de dados de temperatura (seca e de bulbo úmido) e umidade (absoluta e relativa) do ar, sob forma de gráfico segundo as relações encontradas na natureza.

**Domicílio** – local de moradia, estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos, limitado por paredes, muros, cercas etc., coberto por um teto, e que permite que seus moradores se isolem, arcando com parte ou todas as suas despesas de alimentação ou moradia.

**Energia** – no contexto da dualidade energia-potência, seria a potência utilizada por um determinado período de tempo. Sua unidade é o Joule.

**Equinócio** – época do ano em que a trajetória aparente solar nos oferece, em toda a Terra, a mesma duração para o dia e para a noite. Acontece 2 vezes por ano, nos dias 23 de setembro e 22 de março.

**Evaporação** – é a troca térmica proveniente da mudança de estado líquido para o gasoso de um corpo, no nosso caso, a água. O fenômeno inverso chama-se Condensação.

**Evapotranspiração** – é quando numa superfície vegetada ocorrem simultaneamente os processos de evaporação e transpiração. É controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano. O local é caracterizado pelas coordenadas geográficas (latitude e altitude) e pela topografia da região. A latitude determina o total diário de radiação solar potencialmente passivo de ser utilizado no processo evaporativo.

**Higrotermia** – existe uma relação indissociável entre o valor da temperatura e da umidade do ar para o conforto humano, assim, em Conforto Ambiental usa-se este termo – higrotermia – para caracterizar a relação destas duas grandezas físicas, ao invés de simplesmente Térmica ou Higrometria.

**HIS** – mesma coisa que Habitação de Interesse Social.

**Hora legal** – é aquela que marca nosso relógio (quando certo), em cada cidade. Altera-se em algumas épocas do ano – horário de verão – quando, pelo fato da trajetória solar ser mais extensa, e o dia começar mais cedo e terminar mais tarde (ver diagramas solares), opta-se por retroceder em uma hora os relógios.

**Hora solar** – a hora que é marcada nos gráficos solares, no entanto corresponde à realidade, ou seja, o meio-dia solar acontece quando o Sol passa pelo meridiano local, dividindo o dia em duas metades idênticas. As demais horas se somam ou se subtraem como as legais. Há alguns outros fatores que a diferenciam da hora legal, ligados, sobretudo ao fato de que a Terra não é, como a abstraímos, esférica, nem roda precisamente sobre seu eixo. De uma forma geral, a zero hora de cada dia é marcada sobre o meridiano de Greenwich, que por convenção possui a longitude 0°. A partir daí, a cada 15° de longitude, contabiliza-se uma hora a mais ou a menos, segundo se esteja a leste ou a oeste dele. No Brasil, nosso meridiano de referência é o que passa por Brasília. Assim, para um cálculo preciso, a diferença em graus de longitude em relação a ela<sup>14</sup> dará, na proporção de 4 minutos para cada grau de distância, a hora solar da localidade.

**Índice de resistência térmica de vestimentas** – NBR 15 220-1 – resistência térmica da vestimenta à troca de calor sensível por condução, convecção e radiação entre a pele e a superfície externa da roupa. Símbolo: Ir; Unidade: clo (1 clo= 0,1555 (m².K/W))

**Metabolismo** – é a produção de calor interna ao corpo humano, permitindo a este manter sua temperatura interna em torno de 36,7°C. Ao metabolismo de base de um corpo em descanso se soma um valor metabólico necessário à execução de uma determinada atividade.

**Microclima** – clima específico de uma área geográfica muito reduzida, que se diferencia, por circunstância de relevo ou urbanização, do clima da região que a cerca.

**Potência** – no contexto térmico seria a capacidade máxima de produzir/consumir energia de um corpo, seja uma lâmpada ou uma hidroelétrica. É medida em Watt. Outras expressões também traduzem potência como: J/s, kcal/h, Btu/h ou HP.

**Radiação** – troca de calor entre dois corpos sem contato entre si, que estejam a temperaturas diferentes. A troca é feita através de suas capacidades de emitir e absorver energia térmica. Esta troca variará segundo os aspectos geométricos e físicos das superfícies envolvidas. Os principais coeficientes envolvidos serão os coeficientes de absorção (?) e de emissividade (?).

**Solstício** – época do ano em que a trajetória aparente do Sol faz o seu percurso mais extremo. Existem dois solstícios: o de verão, onde ocorre o dia mais longo do ano, e o de inverno, que nos oferece o dia mais curto do ano. No hemisfério Sul, o solstício de verão acontece no dia 22 de dezembro às 12:00h (hora solar), momento em que no Hemisfério Norte estará, por oposição, acontecendo o solstício de inverno.

**Sotavento** – lado contrário ao de onde vem o vento ou lado protegido do vento.

**Neutralidade térmica** – segundo a NBR 12 220-1, é o estado físico no qual a densidade do fluxo de calor entre o corpo humano e o ambiente é igual à taxa metabólica do corpo, sendo mantida constante a temperatura do corpo. Sem símbolo ou unidade registrados.

**Temperatura** – é a grandeza física que permite medir quanto um corpo está frio ou quente, em relação a determinados padrões fixos na natureza. O padrão mais conhecido é o da escala Celsius (ou centígrado) (°C), que divide dois destes pontos, o da fusão do gelo e o da evaporação da água em 100 partes, chamadas graus. Esta mesma parte, mas aplicada a um outro valor, do teórico zero absoluto, forma a escala Kelvin (K).

**Temperatura de bulbo seco** – temperatura do ar medida por um termômetro com dispositivo de proteção contra a influência da radiação térmica. Símbolo: T<sub>BS</sub>; Unidade °C.

**Temperatura de bulbo úmido** – Temperatura de evaporação da água medida por um termômetro com bulbo envolto por uma mecha mantida úmida com água destilada e ventilado por um ventilador ou pelo movimento giratório de um psicrômetro. Símbolo:  $T_{BU}$ . Unidade °C.

**Temperatura resultante** – temperatura resultante das principais influências térmicas em determinado ambiente, simplificada é a média aritmética da temperatura do ar e das paredes circunvizinhas.

**Umidade do ar** – umidade atmosférica é o resultado da evaporação contínua das águas, do solo úmido e da transpiração dos animais e vegetais.

**Umidade absoluta (ou específica) do ar** – quantidade de água retida no ar. É expressa em gramas de água por cada Kg de ar seco ou em gramas de água por  $m^3$  de ar seco.

**Umidade relativa** – é a relação entre a quantidade de água contida no ar na temperatura ambiente e aquela máxima que ele poderia conter à mesma temperatura. Assim, um ar a 0% é certamente um ar seco, e ele saturará a 100%.



# Anexos



## **O PAPEL DA VENTILAÇÃO NATURAL NAS EDIFICAÇÕES – METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DA PROPOSTA DE ZONEAMENTO EÓLICO PARA FINS DE LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE USO EM HIS**

Atualmente, as questões ambientais, sociais e econômicas têm levado os profissionais de arquitetura e engenharia a uma nova postura quando da realização de um projeto arquitetônico. A questão da sustentabilidade, que tem um enfoque holístico, apresenta desafios de aplicabilidade para o setor da construção civil.

As questões energética e ambiental constituem-se agora pontos a serem analisados ao longo do processo de projeto: a economia da energia, a eficiência energética, o uso de fontes alternativas de energia, o conforto ambiental e a salubridade dos usuários, o uso da água, como também os impactos nocivos da edificação ao entorno ambiental. Este novo enfoque deve ser dado desde a concepção arquitetônica.

Neste contexto, uma edificação é considerada eficiente em termos energéticos quando vem possibilitar o seu uso com um menor dispêndio de energia elétrica para fins de aquecimento de água, climatização e iluminação interior.

Para edificações de interesse social, deve ser dada uma ênfase ao uso de meios e recursos naturais. Assim, materiais, arquitetura, dispositivos arquitetônicos e processos construtivos devem estar em consonância com as premissas de uma qualidade ambiental — conforto e salubridade — e com uma menor demanda de eletricidade.

A ventilação natural é um destes recursos que podem ser utilizados nas edificações, de modo a proporcionar conforto higrotérmico e salubridade aos ambientes. Na maioria dos

casos, a ventilação mínima necessária para a qualidade do ar interior (ventilação higiênica) é facilmente conseguida através de infiltrações pelas frestas de portas e janelas. Porém, o mesmo não ocorre quando se deseja um bom controle térmico numa situação de verão. Neste caso, maiores índices de renovação de ar serão necessários, ou seja, é essencial uma maior velocidade do ar no interior da edificação.

O vento, ao incidir e contornar a edificação, provoca o arrefecimento de sua superfície envoltória. Decorrente deste escoamento de ar criam-se diferenciais de pressão, entre pontos tomados nas superfícies a barlavento (+) e a sotavento (-). Estes diferenciais de pressão podem ser aproveitados para ventilação natural no interior da edificação, se forem realizadas aberturas nestas superfícies. Assim, os ganhos térmicos interiores devido a iluminação artificial, fontes internas de calor, equipamentos elétricos e pessoas podem ser extraídos pela ventilação natural criada pelo diferencial de pressão nas fachadas.

Outro recurso de ventilação natural que pode ser usado nas edificações é dado pelo efeito do diferencial térmico entre a massa de ar interior (quente) e aquela exterior (fria). Este efeito, denominado de termo-sifão, pode ser aproveitado nas edificações se as janelas forem colocadas em alturas distintas, favorecendo o aparecimento de fluxos de ar convectivos ascendentes, conduzindo a energia térmica para o exterior. O uso de um pé-direito alto e janelas situadas em alturas mais distantes o possível irá favorecer este mecanismo de trocas de calor nas edificações.

Também deve ser lembrado que a ventilação tem um papel importante no arrefecimento exterior de uma edificação, contribuindo para que as trocas térmicas por convecção dos telhados e paredes com o ar do ambiente exterior sejam intensificadas,



reduzindo a carga térmica transferida para o interior da edificação através das paredes. Daí a importância do estudo de orientação, materiais, acabamento superficial das fachadas e a volumetria da edificação face às condições locais de insolação e ventos dominantes.

Convém ser observado que o conforto higrotérmico humano é resultante da conjugação de parâmetros físicos (temperaturas de bulbo seco e úmido do ar, temperatura radiante, umidade e velocidade do ar); fisiológicos (idade, sexo, características individuais, aclimação) e externos (vestimenta, carga metabólica da atividade). Há normas específicas estabelecendo padrões de conforto: ISO 7730 e NR 17 (Portaria N°3214). A partir do conhecimento dos valores assumidos pelas variáveis físico-ambientais e da velocidade do ar no interior da edificação, pode-se analisar, com o uso das normas, se aquele ambiente irá proporcionar aos ocupantes um nível adequado de conforto higrotérmico.

## OS DADOS EÓLICOS DISPONÍVEIS

A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil é controlada pelas grandes escalas atmosféricas (sinóptica e geral planetária). Este perfil geral apresenta variações significativas na mesoescala (nível regional) e na microescala (nível local) devido à diversidade das características do terreno, tais como a geometria e altitude, presença de obstáculos, cobertura vegetal e existência de grandes extensões de massas de água. Estes fatores atuantes nas escalas menores podem resultar em regimes locais de vento bastante diferenciados. No intervalo de horas ou dias, os ventos podem apresentar muita variabilidade, porém, mantendo um regime diurno predominante que é regido pelas

influências locais e regionais. Os regimes anual e sazonal são controlados de forma predominante pelas grandes escalas atmosféricas.

O aproveitamento da energia dos ventos para a geração de eletricidade se dá numa faixa de velocidades de 2,5 à 15m/s e os rotores eólicos são dispostos em alturas acima de 50m do solo.

No presente trabalho foram utilizados vários dados e informações básicas, constantes dos Atlas Eólicos, recentemente publicados em 2001 e 2005 no Brasil, e especialmente aqueles referentes à distribuição geográfica dos regimes de vento, às velocidades médias anuais e direções preferenciais, assim como as características de rugosidade dos terrenos.

A distribuição dos regimes de vento é apresentada através das seguintes sete mesoescalas regionais:

### *Bacia Amazônica Ocidental e Central*

É a denominada depressão equatorial e está compreendida entre as latitudes 10° S e 5° N e longitudes 77° W e 55° W. O clima da região é do tipo equatorial úmido, com temperaturas médias em torno dos 25°C e um índice pluviométrico de 2000mm/ano.

Os gradientes de pressão atmosférica são pequenos e os ventos alíseos de leste têm fraca intensidade. A velocidade média anual dos ventos à uma altura de 50m não chega a alcançar 3,5 m/s. A rugosidade média do terreno,  $Z_o = 0,8m$ . As noites são caracterizadas por calmarias e ventos descendentes das montanhas, que são fracos e ocasionais, nas áreas à leste e sul desta grande região. Durante o dia, há a ocorrência de ventos localizados devido ao aquecimento desigual das superfícies, induzindo pequenos diferenciais devido à

vegetação, disponibilidade hídrica do solo e cobertura vegetal.

Na porção norte desta Bacia, na Serra da Pacaraima (RO), há a ocorrência de ventos persistentes de leste a nordeste que podem atingir velocidades médias anuais de 6 a 9 m/s a uma altura de 50m do solo, sendo a rugosidade  $Z_0 = 0,2$  m.

### ***Bacia Amazônica Oriental***

Está situada numa faixa de 100km de largura, indo da longitude 55° W, cidade de Santarém (PA), até à região costeira do Amapá e Maranhão. Na sua porção norte, há a ocorrência dos ventos alíseos de leste a nordeste, e na porção sul os ventos são de leste a sudeste. A média anual de intensidade dos ventos a uma altura de 50m não atingem 3,5 m/s. A rugosidade do terreno é  $Z_0 = 0,5$ m.

Em algumas elevações próximas à costa, as velocidades médias alcançam de 7,5 à 9m/s para uma altura de 50m.

### ***Zona Litorânea Norte – Nordeste***

Faixa costeira com largura de 100 km que se estende do norte do Amapá ao Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte. Os ventos dominantes são os alíseos de leste e brisas terrestres-marinhas. Na porção norte (Amapá e Pará) a intensidade média anual dos ventos numa altura de 50m vai de 5m/s à 7,5m/s, para uma rugosidade do terreno  $Z_0 = 0,4$ m.

Na porção ao sul, compreendendo Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, devido ao menor albedo do solo, as superfícies se aquecem mais durante o dia, favorecendo ao mecanismo terral-brisas, gerando os ventos com médias anuais maiores, de 6m/s à 9m/s a uma altura de 50m. O que vai corresponder

nas alturas de 6m e 1,5m do solo e uma rugosidade  $Z_0 = 0,2$ m.

### ***Litoral Nordeste- Sudeste***

Compreende a faixa com largura de 100 km indo do Cabo de São Roque (RN) até ao Estado do Rio de Janeiro.

Na região do Rio Grande do Norte a velocidade média anual dos ventos varia de 8 a 9m/s e direção sudeste, para uma altura de 50m e rugosidade  $Z_0 = 0,3$ m.

Mais para sudeste esta faixa de velocidades é reduzida para 3,5 a 6m/s.

Na região compreendida pelas latitudes 21° S e 23° S a 50m de altura as velocidades médias de 3,5 a 4m/s leste-sudeste, para uma rugosidade  $Z_0 = 3$ m.

Na Serra do Mar a velocidade média anual é de 6,5m/s, para uma rugosidade  $Z_0=1$ m. Na Região dos Lagos a faixa de velocidades médias anuais a 50m de altura é de 6 a 7m/s, para uma rugosidade  $Z_0 = 0,005$ m.

Na cidade do Rio de Janeiro a velocidade média anual está na faixa de 3,5 a 4m/s, para uma altura de 50m, direção quadrante Sul, sendo  $Z_0 = 3$ m.

### ***Elevações Nordeste-Sudeste***

São áreas de serras e chapadas que se estendem para o interior numa faixa até 1000 km distantes da costa, indo do RN ao RJ (Diamantina, Espinhaço, etc ). As velocidades médias anuais dos ventos nas porções central e sul são de 6,5m/s a 8m/s ; enquanto nas demais são de 5,5 a 7,7m/s para uma altura de 50m, direção leste e sudeste, e uma rugosidade de sítio  $Z_0 = 0,4$ m.

### ***Planalto Central***

Situa-se da Bacia Amazônica e da margem esquerda do rio São Francisco até às

fronteiras com Bolívia e Paraguai. Os ventos se deslocam de leste-sudeste. Na porção norte, limite da Bacia Amazônica, atingem velocidades médias anuais a uma altura de 50m na faixa de 3m/s à 4m/s, enquanto que mais ao sul (Mato Grosso do Sul) as velocidades vão de 5m/s a 6m/s, rugosidade  $Z_o = 0,2m$ .

### **Planaltos do Sul**

Região compreendida entre a latitude de 24° S (São Paulo), até ao sul do Rio Grande do Sul.

Os ventos têm a direção nordeste e na faixa de 5,5m/s a 6,5m/s e em localidades de maior altitude alcançam de 7m/s a 8m/s, para o nível de 50m do solo, sendo a rugosidade  $Z_o = 0,45m$ .

No litoral sul há a ocorrência do mecanismo terra-brisas marinhas e a direção dos ventos de leste-nordeste. As velocidades médias anuais alcançam valores acima de 7m/s a uma altura de 50m, para uma rugosidade  $Z_o = 0,1m$ .

### **EXTRAPOLAÇÃO DOS DADOS EÓLICOS PARA O NÍVEL DAS EDIFICAÇÕES**

Considerando a questão da ventilação nas edificações, notadamente aquelas para o uso unifamiliar, as alturas assumidas para avaliação das intensidades dos ventos deverão ser menores que 50m, como por exemplo a altura de uma janela (1,5m) ou uma casa de dois andares (6m). Para tanto, vão se constituir como dados de entrada para os cálculos: a altura de 50m e aquela altura onde se deseja conhecer a velocidade, além do valor da velocidade média anual dos ventos na altura de 50m.

O perfil vertical de velocidade média anual dos ventos pode ser aproximado pela seguinte

Lei Logarítmica (AMARANTE):

$$U(Z) = (U_o/k) \ln(Z/Z_o) \quad (1)$$

onde  $U(Z)$  é a velocidade do vento na altura  $Z$ ,  $Z_o$  é a rugosidade do terreno,  $k$  é a constante de Von Kármán e  $U_o$  é a velocidade de atrito (raiz quadrada do quociente da tensão cisalhante pela massa específica do ar).

Escrevendo esta equação para duas alturas distintas  $Z_1$  e  $Z_2$  num mesmo sítio, pode-se obter a seguinte relação:

$$U(Z_2) / U(Z_1) = \ln(Z_2 / Z_o) / \ln(Z_1/Z_o) \quad (2)$$

Desta forma, para cada uma das sete regiões brasileiras definidas em termos eólicos, podem ser estimadas intensidades médias anuais de velocidade de vento para alturas próximas ao solo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Estes valores se referem às estimativas realizadas para o potencial de ventilação disponível numa região determinada. Não são consideradas as condições do sítio, face à topografia local, influências da aerodinâmica interna e externa da edificação, sua orientação e forma de implantação, além de interferências do entorno próximo.

É possível, a partir deste potencial de velocidades externas à edificação e da permeabilidade ao vento das fachadas, se estimar um valor para a velocidade média no interior de uma edificação de 1 andar, com janelas abertas em paredes opostas e direcionadas frontalmente ao vento, Givoni (1978), através da relação:

$$V_i = 0,45 [1 - \exp(-3,48x)] U \quad (3)$$

Sendo  $U$  a velocidade do vento no exterior da edificação (m/s);  $V_i$  a velocidade média do vento no interior da edificação (m/s);  $x = \text{Área da janela} / \text{Área da parede}$ .

Exemplificando, seja uma casa na região da Bacia Amazônica Oriental e para a qual se

deseja ventilar, estabelecendo duas janelas em paredes frontais ao vento (no caso, direção leste-nordeste) ocupando 60% da superfície. Neste caso, usando a Tabela 1, retira-se que a média anual da intensidade do vento a uma altura de 1,5m é inferior a 0,8m/s. Assumindo o valor de 0,5 m/s, e aplicando a equação (3), resulta para a velocidade média no interior do aposento:

$$V_i = 0,45 \{1 - \exp[(-3,48) (0,6)]\} (0,5) = 0,197\text{m/s}$$

Observa-se que, se for aumentada para 100% a permeabilidade das paredes, a velocidade do ar interior irá passar para 0,218m/s. Houve um aumento da velocidade, mas este valor pode ser ainda baixo considerando que nesta região a umidade é alta. A condição de conforto higrotérmico somente será alcançada através da combinação de estratégias bioclimáticas para o projeto desta edificação.

## RESULTADOS

A reunião destas informações sobre o território brasileiro, a partir das informações disponíveis – mencionadas na bibliografia anexa –, permitiu a elaboração de uma proposta de zoneamento preliminar do potencial eólico disponível a 1,5 e 6,0 metros, utilizado comumente nas morfologias das habitações de interesse social.

Evidentemente, as questões ligadas ao entorno ambiental (obstruções, implantação) a nível local, podem alterar estes valores – normalmente reduzindo-os –, tornando portanto esta análise conservadora, mas, no entanto, é um passo a mais na busca de subsídios para elaboração de projetos de cunho bioclimático.

Esta metodologia pode ser aplicada a qualquer escala, desde que seus elementos topográficos (ambiente natural e construído) e de intensidade e direção do vento estejam disponibilizados.

	REGIÃO	PORÇÃO DA REGIÃO	V VENTO (M/S) A 1,5M	V VENTO (M/S) A 6M
	Bacia Amazônica	Geral	<0,53	<1,7
	Ocidental e Central	Norte	2,2 - 3,3	3,7 - 5,5
	Bacia Amazônica	Geral	<0,8	<1,9
	Oriental	Elevações	1,8 - 2,0	4,0 - 5,0
	Zona Litorânea -	Norte	1,4 - 2,0	4,2 - 6,3
	Nordeste	Sul	2,6 - 3,9	4,4 - 6,6
	Zona	Norte	2,5 - 2,9	4,7 - 5,3
	Litorânea	NE(RJ), S(ES)	3,1 - 4,7	4,2 - 6,0
	Nordeste -	Rio(RJ)	-	1,4
	Sudeste	Serra do Mar	0,67	3
	Elevações Nordeste -	Centro e Sul	1,6 - 2,0	3,6 - 4,5
	Sudeste	Geral	1,5 - 2,0	3,1 - 4,2
	Planalto	Norte	1,1 - 1,5	1,8 - 2,5
	Central	Sul	1,8 - 2,2	3,1 - 3,7
	Planaltos	Geral	1,4 - 1,7	3,0 - 3,6
	do	Elevações	1,8 - 2,0	3,8 - 4,4
	Sul	Litoral Sul	>3,0	>4,6

## MAPA DE ZONEAMENTO BRASILEIRO DO POTENCIAL EÓLICO PARA FINS DE PROJETOS DE HIS



Finalmente, a superposição dos trabalhos do zoneamento apresentados pela Norma ANBT 15220-3, quando complementados pelo

do potencial eólico ao nível de uso das edificações de /HIS, geram os seguintes 8 mapas:

ZONA BIOCLIMÁTICA 1 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS



ZONA BIOCLIMÁTICA 2 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS





**ZONA BIOCLIMÁTICA 3 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS**



## ZONA BIOCLIMÁTICA 4 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS



ZONA BIOCLIMÁTICA 5 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS



**ZONA BIOCLIMÁTICA 6 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS**



ZONA BIOCLIMÁTICA 7 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS

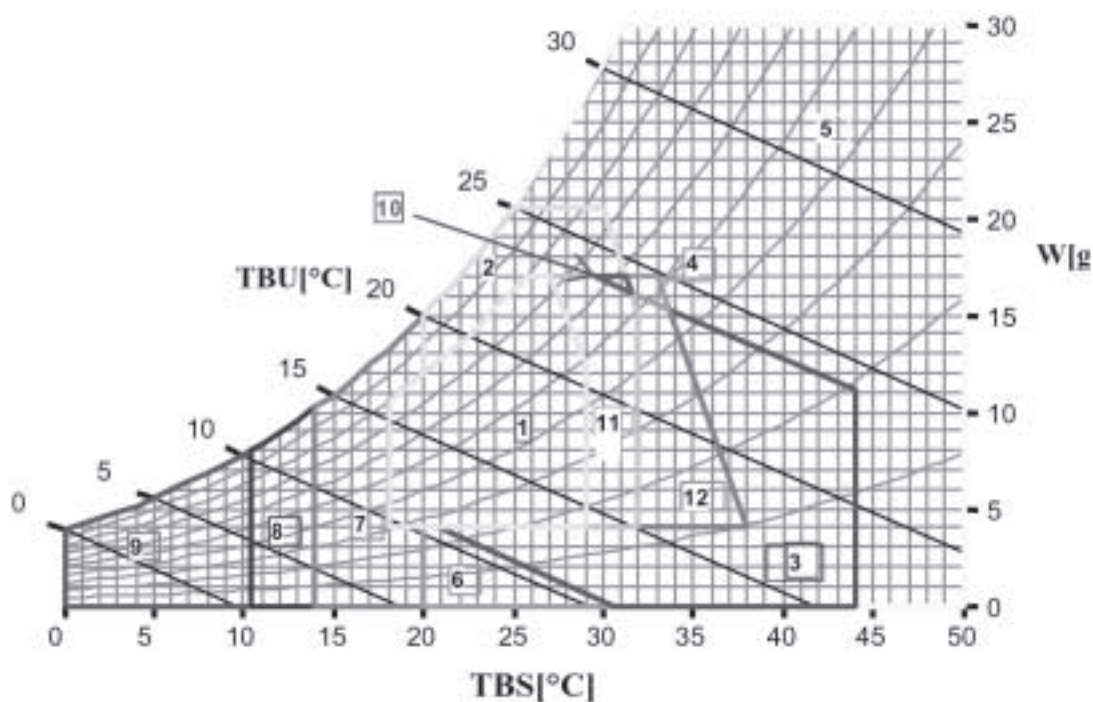


**ZONA BIOCLIMÁTICA 8 (ABNT) + POTENCIAL EÓLICO PARA HIS**



## DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE GIVONI

O diagrama de Givoni pode ser mais bem explorado no programa Analysis Bio 2.0 (disponível no Laboratório de Informática ou em download junto ao Labeee da UFSC).





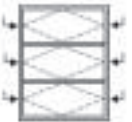


### Legenda:

#### Zona Estratégias mais eficientes



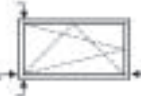

- 1 Conforto higrotérmico
- 2 Ventilação
- 3 Resfriamento evaporativo
- 4 Massa térmica para resfriamento
- 5 Ar-condicionado
- 6 Umidificação
- 7 Massa térmica e aquecimento solar
- 8 Aquecimento solar passivo
- 9 Aquecimento artificial
- 10 Ventilação + massa térmica para resfriamento
- 11 Ventilação + massa térmica para resfriamento. + resfriamento evaporativo
- 12 Massa térmica para resfriamento. + resfriamento evaporativo

Fonte: Givoni in LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA

## TIPOS POSSÍVEIS DE ABERTURAS DE JANELAS. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Tipos de Abertura	Características	Vantagens	Desvantagens
 <p>PROJETANTE DESLIZANTE (MAXIM-AR)</p>	<p>Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal, com translação simultânea deste eixo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeito de sucção dos ventos inferiores.</li> <li>• Abrindo em ângulo de até 90°, facilita a limpeza e ventilação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se não puder abrir 90°, diminui o fluxo horizontal.</li> </ul>
 <p>DE ABRIR (FOLHA SIMPLES OU DUPLA)</p>	<p>É formada por uma ou mais folhas que se movimentam mediante rotação em torno de eixos verticais fixos, coincidentes com as laterais das folhas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite 100% de aproveitamento do vento incidente.</li> <li>• Fácil limpeza da face externa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupa espaço interno quando aberta para dentro.</li> <li>• Não permite regulagem ou direcionamento do fluxo de ar.</li> <li>• Não permite tela ou grade, se abrir para fora, ou cortina, se abrir para dentro.</li> </ul>
 <p>BASCULANTE</p>	<p>Possui eixo de rotação horizontal centrado ou excêntrico não coincidente com as extremidades superior ou inferior da janela.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa repartição do fluxo. Pode vir a aceitar fluxos superiores e/ou inferiores.</li> <li>• Ventilação constante em dias de chuva sem vento.</li> <li>• Pequena projeção interna e externa, permitindo uso de tela ou cortina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não libera o vão totalmente.</li> <li>• Estanqueidade reduzida devido ao grande comprimento de juntas.</li> </ul>
 <p>PIVOTANTE INTERNA (OU DE TOMBAR)</p>	<p>Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade inferior da folha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa para cômodos pequenos, permite superfícies abertas em alturas diferentes.</li> <li>• Não ocupa espaço interno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduz a área de ventilação, sobretudo em caso de chuvas.</li> <li>• Difícil limpeza da face externa.</li> <li>• Não permite o uso de tela ou grade na face externa.</li> <li>• Libera parcialmente o vão.</li> <li>• Não direciona bem o fluxo de ar.</li> </ul>
	<p>Possui uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento horizontal no plano da folha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil operação;</li> <li>• Ventilação regulável conforme abertura das folhas.</li> <li>• Permite instalar grades, persianas ou cortinas.</li> <li>• Não ocupa espaço interno.</li> <li>• Direciona o vento em ambientes pequenos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por direcionar o vento, deve ser usada em áreas extensas e com um grande número de folhas.</li> <li>• Vão livre para ventilação de apenas 50%.</li> <li>• Riscos de infiltração de água através dos drenos do trilho inferior, em vedações mal executadas.</li> <li>• Dificuldade de limpeza da face externa.</li> <li>• Não direciona bem o fluxo de ar.</li> </ul>



Tipos de Abertura	Características	Vantagens	Desvantagens
 <p>DE CORRER (GUILHOTINA)</p>	<p>Possui uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento vertical no plano da folha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui as mesmas vantagens da janela de correr, caso as folhas tenham sistemas de contrapeso ou sejam balanceadas, do contrário, as folhas devem ter retentores nas guias do marco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Além das desvantagens da janela de correr, exige manutenção mais freqüente para regular a tensão dos cabos e o nível das folhas.</li> <li>• Risco de quebra de cabos.</li> </ul>
 <p>PROJETANTE</p>	<p>Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade superior da folha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa para cômodos pequenos, permite superfícies abertas em alturas diferentes.</li> <li>• Não ocupa espaço interno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil limpeza da face externa.</li> <li>• Não permite o uso de tela ou grade na face externa.</li> <li>• Libera parcialmente o vão.</li> <li>• Não direciona bem o fluxo de ar.</li> </ul>
 <p>REVERSÍVEL (DE ABRIR E TOMBAR)</p>	<p>Possui uma ou mais folhas que podem se movimentar em torno dos eixos vertical e horizontal, coincidentes com a lateral e extremidade inferior da folha, respectivamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As mesmas vantagens das janelas de abrir e de tombar (pode ser utilizada destas duas formas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessita grande rigidez no quadro da folha para evitar deformações.</li> <li>• Limitação no uso de grades, persianas ou telas.</li> <li>• Acessórios de custo elevado.</li> </ul>
 <p>PIVOTANTE (HORIZONTAL E VERTICAL)</p>	<p>Possui uma ou várias folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de um eixo horizontal ou vertical, não coincidente com as laterais e extremidades da folha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de limpeza da face externa.</li> <li>• A janela pivotante horizontal permite direcionamento do fluxo de ar para cima ou para baixo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade para instalação de tela, grade, cortina ou persiana.</li> <li>• Para grandes vãos necessita de fechos perimétricos.</li> </ul>

## DIVERSOS FATORES DE SOMBRA NORMALMENTE UTILIZADOS EM PROJETOS

TIPO DE OBJETO ARQUITETÔNICO SERVINDO COMO MÁSCARA	FS FATOR DE SOMBRA (OU RADIAÇÃO LUMINOSA OBSTRUÍDA)
Brises verticais (E-O) de cor clara (para lat 30°S)	0.40
Brises verticais (E-O) de cor média (para lat 30°S)	0.50
Brises horizontais (N-S) de cor clara (para lat 30°S)	0.50
Brises horizontais (N-S) de cor média (para lat 30°S)	0.60
Toldo de cor claro	0.60
Toldo de cor escura	0.80
Persiana de enrolar, fechada, deixando de abertura 5%, cor clara	0.80
Persiana de enrolar, fechada, deixando de abertura 5%, cor escura	0.90
Cortina de trama fechada, cor clara	0.70
Cortina de trama fechada, cor escura	0.85
Cortina de tecido de trama aberta, cor clara	0.30
Cortina de tecido de trama aberta, cor escura	0.50
Persiana de cor clara	0.60
Persiana de cor escura	0.80

## VALORES DE TRANSMISSÃO DE CALOR PARA VIDROS

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR PARA ALGUNS TIPOS DE ENVIDRAÇAMENTO, DADO EM W/M2 °C (QUANTO MENOR O COEFICIENTE, MAIOR A CAPACIDADE DE ISOLAMENTO TÉRMICO)				
Tipos de vidro (Vidros planos)	Sem dispositivos de sombreamento		Com dispositivos de sombreamento	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Simples, incolor	6,2	5,9	4,7	4,6
Duplos incolores, com espaço entre vidros de:				
5 mm*	3,5	3,7	3,0	3,3
6 mm*	3,3	3,5	2,7	3,1
13 mm**	2,8	3,2	2,4	3,0

\* Espessura dos vidros = 3 mm

\*\* Espessura dos vidros = 6 mm

**FATORES DE REFLEXÃO (%) DE  
DIFERENTES MATERIAIS OPACOS E  
CORES (FONTE: CINTRA DO PRADO, L. –  
ILUMINAÇÃO NATURAL – SÃO PAULO –  
FAU – USP, 1961)**

MATERIAIS /CORES	(%) DE REFLEXÃO	MATERIAIS/ CORES	(%) DE REFLEXÃO
Aço inox	55-65	cores médias	30-50
Alumínio polido	60-70	cores muito claras	50-70
Asfalto sem poeira	7	cores muito escuras	0-15
Cal	85-88	esmalte	60-90
Casca de ovo	81	espelhos	80-90
Cerâmica vermelha	30	fazenda de veludo preto	0,2-1
Concreto aparente	55	fazenda escura (lã)	2
Cor amarela	30-70	gesso (branco)	90-95
Cor azul	5-55	grama escura	6
Cor bege	25-65	granilite	17
Cor branca	85-95	granito	40
Cor branca	85-95	livros em estantes	10-20
Cor cinzenta	25-60	madeira clara	13
Cor creme	60-68	madeira escura	7-13
Cor parda	8-50	marfim	71-77
Cor pérola	999972	mármore branco	45
Cor preta	4-8	nuvens	80
Cor rosa	35-70	papel branco	80-85
Cor verde	12-60	pedregulho	13
Cor vermelha	10-35	terra	1-20
Cores claras	50-70	tijolo	13-48
Cores escuras	15-30	troncos de árvores	3-5

## TABELA DE ILUMINAMENTO MÉDIO EM PLANO HORIZONTAL

ESTAÇÃO (ESTADO)	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE(M)	MENOR VALOR ANUAL -EH1 (LUX)	SEGUNDO MENOR VALOR ANUAL - EH2 (LUX)
Boa Vista (RR)	2°49'N	60°39'W	90	26.100	26.800
Macapá (AP)	0°10'N	51°03'W	9	15.600	16.500
Uaupés (AM)	0°08'S	67°05'W	90	26.700	27.700
Manaus (AM)	3°08'S	60°01'W	60	23.100	24.300
Juazeiro (BA)	9°25'S	40°30'W	371	27.100	28.900
Rio Branco (AC)	9°58'S	67°48'W	136	29.200	32.200
Brasília (DF)	15°47'S	47°56'W	1158	20.100	23.200
Belo Horizonte(MG)	19°56'S	43°56'W	850	163700	19.000
Vitória (ES)	20°19'S	40°20'W	31	13.800	14.600
Alto Itatiaia (RJ)	22°25'S	11°50'W	2.199	18.400	19.700
Petrópolis (RJ)	22°31'S	43°11'W	895	18.100	19.700
Rio de Janeiro (RJ)	22°54'S	43°10'W	31	17.900	20.000
Cabo Frio (RJ)	22°59'S	42°02'W	7	18.400	19.900
São Paulo (SP)*	23°39'S	46°37'W	800	15.400	17.500
Ponta Grossa (PR)	25°06'S	50°10'W	869	7.600	9.300
Caxias do Sul (RS)	29°10'S	51°12'W	787	11.800	14.800
Porto Alegre (RS)	30°01'S	51°13'W	47	9.500	11.600
Rio Grande (RS)	32°01'S	52°05'W	2	9.300	10.700

Dados de iluminação médio em plano horizontal para algumas cidades brasileiras (Fonte: IPT - Recomendações para adequação climática e acústica, 1986). Dados calculados em função dos valores de radiação média global no plano horizontal, considerando um fator de eficiência luminosa para radiação igual a 100 lm/ w, distribuição típica de céu encoberto. Valores para 8 e 16 horas.

\* Os dados de São Paulo estão colocados como referência, pois estes dez últimos anos se caracterizaram na cidade por um forte aumento da poluição do ar, o que deve modificar – atenuando – bastante os valores fixados.

## ALGUNS SOFTWARES DE APOIO À CONCEPÇÃO DE HIS

NOME	AUTOR	DESCRIÇÃO SUMÁRIA - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Archipak	S.Szocolay	Geometria solar e cálculo de radiação; sistemas solares ativos para aquecimento; análise climática, recomendações para conforto térmico
Analysis Bio	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC	O software auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Utiliza tanto arquivos climáticos anuais e horários como arquivos resumidos na forma de normais climatológica
Analysis SOL-AR	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC O SOL-AR é um programa gráfico que permite a obtenção da carta solar da latitude especificada, auxiliando no projeto de proteções solare através da visualização gráfica dos ângulos de projeção desejados sobre transferidor de ângulos, que pode ser plotado para qualquer ângulo de orientação.
ARQUITROP 3.0	Maurício Roriz - Universidade Federal de São Carlos	Arquitrop - Conforto Ambiental e Economia de Energia - CONFORTO TÉRMICO E ECONOMIA DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES - Sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em Arquitetura e Engenharia Civil
Casamo-clim	Centre d'Energétique da Ecole des Mines de Paris	Simulação térmica, dinâmica, monozona – calcula temperaturas resultantes horárias (do ar e radiantes das paredes) e as cargas potenciais para aquecimento e resfriamento dos edifícios. Geometria solar e cálculo de radiação solar, plotagem de resultados sobre Diagrama Bioclimático de Givoni. Considera o horário de ocupação para o diagnóstico de conforto.
Codyba	CETHILL /Lyon	Comportamento dinâmico das construções, versão monozona e multizona.
Comfort	F.Butera et al	Cálculo de PMV e PPD.
Declinação Magnética 2.0	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC Software para cálculo da declinação magnética e outros parâmetros correlatos, aplicável ao território brasileiro. Baseado no algoritmo ELEMAG, CNPq – Obs. Nacional.
DIAL	LESO-PB	Estima o desempenho de projetos de iluminação natural em seus primeiros estágios de desenvolvimento
ECOTECT	Square One	Visualização de sombras e manchas solares em 3-D; cálculo de radiação solar. Cálculo de cargas horárias de aquecimento e ar-condicionado e temperaturas internas baseado no método da admitância.
LESOCOOL	LESO - Lausanne	Análise térmica simplificada que leva em conta a inércia, usando os conceitos de difusidade e efusividade.
LUZ DO SOL	Maurício Roriz	Programa para estimar o calor e a luz provenientes do Sol.
RAFIS	R. Serra et al.	Análise da distribuição da iluminação natural simplificada.

Fonte: LABEE e CORBELLA

Coordenação Geral do Caderno 9 - MCidades  
Parcerias: Eficiência Energética em Habitações  
de Interesse Social

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO  
INSTITUCIONAL – SE – MCIDADES  
DIVISÃO DE PROJETOS SETORIAIS DE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – MME

Autores:

Cláudia Barroso-Krause  
LabHab/PROARQ/FAU-UFRJ

Louise Land B. Lomardo  
LabCECA/TAR/GEU/EAU-UFF

Frederico Souto Maior  
Eletrobrás/PROCEL

Equipe Fundação Euclides da Cunha

Cláudia Barroso-Krause  
Louise Land B. Lomardo  
Leopoldo Bastos  
Luciana Beck  
Estefânia Neiva de Aguiar  
Danielle Barros Benedicto  
Carla Rosa de Almeida  
Linus Gomarovits Trindade  
Ana Paula Venâncio  
Lucia Peixoto  
Clarissa Peixoto

Equipe Eletrobrás/Procel/Edifica

Frederico Souto Maior  
José Luiz Grunewald Miglievich Leduc  
Myrthes Marcele Farias dos Santos  
Rebeca Obadia Pontes  
Viviane Gomes Almeida  
João Carlos Rodrigues Aguiar  
Alessandra Nogueira Vallim

**Ministério de  
Minas e Energia**



SILAS RONDEAU  
Ministro de Estado  
[gabinete@mme.gov.br](mailto:gabinete@mme.gov.br)

ALOÍSIO VASCONCELOS  
Presidente da Eletrobrás  
[eletrobr@eletrobras.com](mailto:eletrobr@eletrobras.com)

RUY CASTRO  
Diretor de Projetos Especiais e Desenvolvimento  
Tecnológico e Industrial  
[dp@eletrobras.com](mailto:dp@eletrobras.com)

GEORGE ALVES SOARES  
Chefe do Departamento de Desenvolvimento de  
Projetos Especiais  
[dpe@eletrobras.com](mailto:dpe@eletrobras.com)

FERNANDO PINTO DIAS PERRONE  
Chefe da Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência  
Energética  
[dpee@eletrobras.com](mailto:dpee@eletrobras.com)

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de  
Energia Elétrica  
[procel@eletrobras.com](mailto:procel@eletrobras.com)  
[www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

## Ministério das Cidades



MARCIO FORTES DE ALMEIDA

Ministro de Estado

[cidades@cidades.gov.br](mailto:cidades@cidades.gov.br)

REGINA PIRES

Assessoria de Comunicação Social

[ascom@cidades.gov.br](mailto:ascom@cidades.gov.br)

RODRIGO JOSÉ PEREIRA-LEITE FIGUEIREDO

Secretário-Executivo

[gab.secretariaexecutiva@cidades.gov.br](mailto:gab.secretariaexecutiva@cidades.gov.br)

ELCIONE DINIZ MACEDO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

[elcione.macedo@cidades.gov.br](mailto:elcione.macedo@cidades.gov.br)

PAULO OSCAR SAAD

EGLAÍSA MICHELINE PONTES CUNHA

Gerência de Capacitação

[capacitacao@cidades.gov.br](mailto:capacitacao@cidades.gov.br)

FREDERICO RAMOS

Gerência de Informações

[snic@cidades.gov.br](mailto:snic@cidades.gov.br)

INÊS DA SILVA MAGALHÃES

Secretária Nacional de Habitação

[snh@cidades.gov.br](mailto:snh@cidades.gov.br)

JÚNIA SANTA ROSA

Departamento de Desenvolvimento Institucional e

Cooperação Técnica

[snh-dict@cidades.gov.br](mailto:snh-dict@cidades.gov.br)

EMILIA CORREIA LIMA

Departamento de Produção Habitacional

[snh-dph@cidades.gov.br](mailto:snh-dph@cidades.gov.br)

MIRNA QUINDERÉ BELMIRO CHAVES

Departamento de Urbanização e Assentamentos

Precários

[snh-duap@cidades.gov.br](mailto:snh-duap@cidades.gov.br)