
Cadernos do

PROARQ

6

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

**CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE MATERIAIS
DE CONSTRUÇÃO USADOS NO RIO DE JANEIRO**

O. D. Corbella
C. R. Stangenhaus



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Professor José Henrique Vilhena
Reitor**

**Professor Antonio MacDowell de Figueiredo
Sub-Reitor para Graduados e Pesquisa**

**Professor Carlos Tarus
Decano do Centro de Letras e Artes**

■

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

**Professora Maria Angela Dias
Diretor**

**Professor Mauro Santos
Diretor Adjunto de Pós-Graduação e Pesquisa**

■

PROARQ - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

**Professor Vicente del Rio
Coordenador**

■

CONSELHO EDITORIAL

**Professor Vicente del Rio
Coordenação Editorial**

**Professores Mauro Santos, Jules Slama, Luiz Manoel Gazzaneo e Rosina T. Ribeiro
Coordenadores das Áreas de Concentração**

■

**Luiz Alberto Teixeira Filho
Produção Gráfica**

■

Cadernos do PROARQ

Veículo para a divulgação da produção de seus docentes, discentes e pesquisadores, assim como de eventos especiais, como contribuição ao debate e o desenvolvimento no campo da Arquitetura em geral. Reprodução proibida sem o consentimento expresso do PROARQ ou dos autores.

Julho 1999

**ProArq - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Sala 433
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Cidade Universitária, Ilha do Fundão
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21941-590
tel: (021) 290-2112, r. 2745 e 2746
telefax: (021) 290-2112, r. 2737
e-mail: proarq@proarq.ufrj.br
<http://www.fau.ufrj.br/proarq>**

Cadernos do

PROARQ

6

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO USADOS NO RIO DE JANEIRO

Oscar Daniel Corbela & Carmen Ruth Stangenhaus

1. Introdução	1
2. O Clima da Cidade do Rio de Janeiro	3
3. Conforto Térmico	7
4. Materiais de Construção Mais Usuais no Rio de Janeiro	9
5. Definições dos Parâmetros Térmicos Utilizados	11
6. Propriedades Térmicas dos Materiais	13
6.1. Tabela de Propriedades Térmicas de Materiais	15
6.2. Tabela de Propriedades Óticas de Superfícies	23
6.3. Tabela de Coeficientes para Cálculos Térmicos de Elementos Construtivos e/ou para determinação do Conforto Térmico	25
7. Tabelas de Desempenho Térmico de Conjuntos de Materiais	27
8. Conclusões e Recomendações	49
Apêndice 1. Caracterização Climática da Cidade do Rio de Janeiro	51
Apêndice 2. Símbolos, Unidades, Equivalências e Tabelas Auxiliares	67
Apêndice 3. Referências Bibliográficas dos Dados Apresentados	73
Apêndice 4. Bibliografia Recomendada sobre o Tópico	77

*Flcha catalográfica elaborada por
Ana Lúcia Ferreira Gonçalves e Maria Luiza Cavalcanti Jardim*

C789c Corbelia, Oscar Daniel,
características térmicas de materiais de construção /
O. D. Corbelia; C. R. Stangenhaus. Rio de Janeiro: UFRJ/
FAU/FROARQ, 1998.
65p.; il.; 30cm. — (Cadernos do PROARQ; 6)

1. Arquitetura. 2. Materiais de construção. 3. Clima - Rio
de Janeiro. 4. Conforto ambiental. I. Stangenhaus, Carmen
Ruth. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa
de Pós-Graduação em Arquitetura. III. Thulo. IV. Série.

CDD 720

PREFÁCIO

O presente trabalho é o resultado de uma pesquisa sobre materiais de construção usados em nosso meio, desenvolvida com recursos da FAPERJ - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Rio de Janeiro. O apoio foi realizado por meio de um Convênio entre a FAPERJ e a UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, através da FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, e do seu DTC - Departamento de Tecnologia da Construção. Os autores, o Prof. Dr. Oscar D. Corbella, responsável pelo Projeto, lotado no DTC/FAU/UFRJ, e a Arq. Carmen Stangenhaus, Mestre em Arquitetura, formada no Curso de Pós-Graduação em Arquitetura da FAU/UFRJ, contaram com a colaboração (durante diversos períodos) dos estudantes Suzana Vieira, Erika Barroso, Marco Andre Mattos de Araujo, da FAU, e Márcio Cataldi, do Departamento de Meteorologia do Instituto de Geociências, da UFRJ, alunos com Bolsas de Iniciação Científica, concedida pela UFRJ através do convênio com o CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Técnico. Os autores desejam fazer constar seu agradecimento a todos as pessoas e instituições envolvidas no apoio ao desenvolvimento desta pesquisa, em particular, ao Sr. Armando de Sá Tavares, do Departamento de Climatologia, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, e aos Prof. Maria Amália A. Magalhães e Valmor Prudencio, do DTC/FAU/UFRJ, à Dra. Maria Akutsu do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, do Estado de São Paulo, ao Prof. John Martin Evans, da FADU - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo da UBA - Universidad de Buenos Aires, de Argentina e à Prof. Lucy Pinto Hack, do Departamento de Geografia da PUC - Pontifícia Universidade Católica - RJ.

I. INTRODUÇÃO

A Arquitetura Bioclimática, que se preocupa com a adequação da construção ao clima visando o conforto térmico, acústico e visual do usuário, vê o ambiente construído como uma membrana reguladora (permeável e controlada) entre o clima externo e ambiente interno.

Essa "membrana" é utilizada para conseguir um ambiente interno confortável, com o mínimo uso de energia convencional, contribuindo assim para poupar energia, evitar o desperdício de recursos naturais e prevenir a poluição resultante da geração e o uso da energia convencional.

Para conseguir habitações confortáveis, o arquiteto deve ser capaz de regular as variáveis climáticas externas (temperatura, radiação solar, umidade e ventos) através de recursos de projeto e o uso de materiais convenientemente escolhidos. É necessário portanto que o arquiteto conheça o comportamento dos materiais do ponto de vista térmico, luminoso e acústico, para poder construir a habitação como uma "membrana" eficiente.

Esta publicação reúne informação relativa ao aspecto térmico. Sabe-se que os diversos materiais têm propriedades físicas diferentes, podendo ser mais ou menos adequados para intervir na modificação do clima externo para o ambiente interno. Porém, os conjuntos de materiais que formarão os limites físicos da construção se comportam de maneira diferente da simples soma dos seus componentes, e seus desempenhos vão depender da habilidade da escolha. Por esse motivo, além das características dos materiais isoladamente, se apresentam as características térmicas dos conjuntos mais representativos de paredes e tetos encontrados em nossa cidade e arredores.

Por outro lado, como a qualidade das características térmicas deve ser julgada dentro de um panorama climático, na segunda seção, se inclui uma visão geral do clima da cidade do Rio de Janeiro, tomado como referência para este estudo.

Para uma melhor compreensão do tema, na terceira seção se revisam os conceitos de Conforto Ambiental, em particular o Conforto Térmico, na quarta se apresenta uma visão geral dos materiais de construção mais usados no meio e, para completar, na quinta seção, são lembradas as definições dos parâmetros térmicos que serão apresentados nas seções a seguir.

Na sexta seção se encontra a listagem de Propriedades Térmicas dos Materiais, e na seção seguinte Propriedades Térmicas de Conjuntos de Materiais, sendo a oitava seção dedicada às Conclusões e Recomendações.

Nos apêndices aparecem tabelas auxiliares, esclarecimentos e bibliografia.

2. O CLIMA DA CIDADE DE RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro está situada a 22°54' de latitude sul e 43°10' de longitude oeste, e é banhada pelo Oceano Atlântico caracterizando-se como litorânea.

Sofre o domínio do Anticiclone Tropical do Atlântico, que atua com maior intensidade no inverno e com ventos de nordeste a noite durante o verão. A baixa (pressão) do Chaco que fica geralmente localizada sobre o Pantanal Mato-grossense pode estender sua influência até a cidade do Rio de Janeiro causando calmarias ou correntes de noroeste durante o verão. Além destes fatores climáticos, a cidade do Rio de Janeiro, devido a sua proximidade com o Oceano Atlântico, é afetada pelas brisas que sopram à tarde provenientes do continente e pela noite vindas do mar, e com maior intensidade durante o verão.

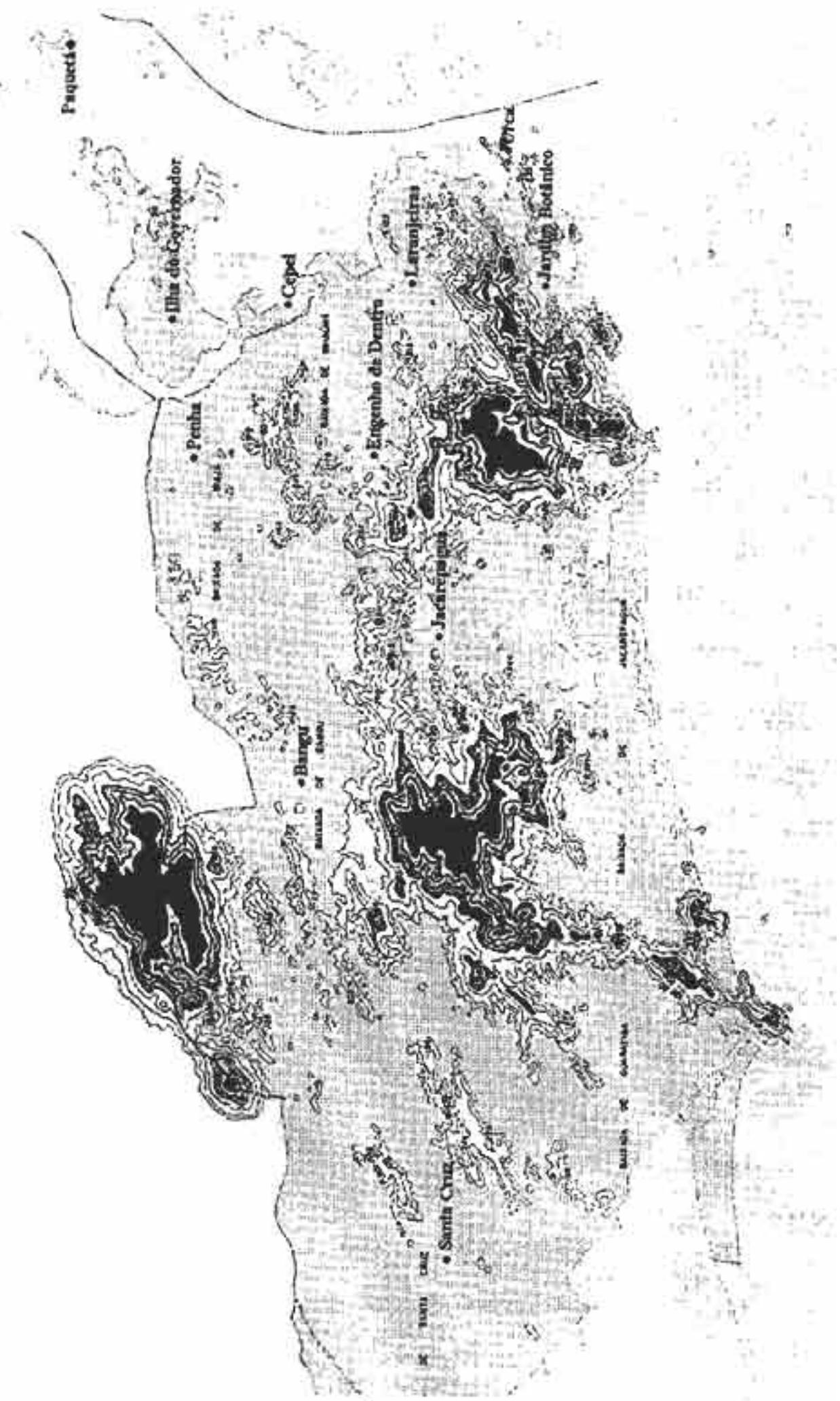
O relevo e a urbanização influenciam no clima da cidade, sendo o relevo caracterizado por dois domínios fisiográficos: o trecho montanhoso representado pelos maciços litorâneos e as zonas de amplas baixadas com denominações locais. Estes Maciços variam em média de 200m (zona sul) até 400m (zona norte) de altitude. Pode-se ter uma noção das variações climatológicas destas regiões utilizando o quociente térmico vertical que aponta uma redução no valor da temperatura de 0,6°C para cada 100m de altitude. Sabe-se ainda, que as encostas voltadas para o oceano são mais frescas e úmidas e as continentais por sua vez mais quentes e secas, como é o caso do Maciço da Tijuca. Porém, a umidade se mantém alta durante o ano todo.

A crescente urbanização pode ter sua influência sentida comparando as informações das "Normais Climatológicas" dos períodos de 1901 à 1930 e de 1961 à 1990, onde os dados desta última apresentam valores comparativos das temperaturas média, máxima e mínima superiores a da primeira em até 1°C, o que tratando-se de médias, representa um valor muito expressivo. Infelizmente, essas variações climáticas, devidas a vários fatores, entre eles o crescimento urbano e à modificação da cobertura da camada vegetal natural que cobria estas regiões, não podem ser avaliadas devidamente em uma análise mais detalhada da cidade do Rio de Janeiro, devido à extinção da maior parte das estações meteorológicas do município.

Mesmo com esta dificuldade, pode ser feita a distinção do clima da cidade do Rio de Janeiro, baseando-se nos dados das normais climatológicas existentes e na divisão geográfica e climatológica do município. No mapa na página seguinte estão localizadas as estações meteorológicas onde foram medidos os dados apresentados neste trabalho. No Apêndice 1, se apresentam gráficos e tabelas de dados de temperatura para 11 zonas, de umidade para 4 delas, de ventos diários para 3 zonas e gerais para a radiação solar. Lamentavelmente, dados separando ventos diurnos dos noturnos, mais necessários para o projeto arquitetônico bioclimático, existem somente para duas zonas, e os dados disponíveis não estão suficientemente trabalhados, necessitando um estudo mais aprofundado. Os dados de radiação solar e horas de sol existem para uma única estação.

Estes dados configuraram o conjunto mais completo de informações que foi fornecido aos autores, e constituem uma base para a tomada de decisões, para prever um desempenho térmico correto de um projeto arquitetônico bioclimático.

Mapa topográfico da cidade do Rio de Janeiro e suas respectivas estações meteorológicas (desativadas e atuais)



3. CONFORTO TÉRMICO

Atingir conforto térmico é uma das metas de um bom projeto arquitetônico. Quer-se lembrar aqui esse conceito.

Os seres humanos produzem constantemente energia térmica a partir da energia adquirida pela alimentação (Metabolismo*). Essa energia necessita ser liberada de forma a manter a temperatura superficial da pele em torno dos 34 °C. O balanço desta energia é regido pela lei:

$$M - W - T = A$$

onde

- M = produção de energia térmica pelo metabolismo
- W = energia gasta com o trabalho físico
- T = trocas de calor com o ambiente
- A = energia térmica acumulada no corpo

O termo correspondente às trocas de calor pode ser escrito:

$$T = Cond + Conv + Rad + Evap$$

onde

- Cond = ganhos ou perdas de calor por condução para as superfícies em contato com o corpo
- Conv = ganhos ou perdas de calor por convecção para o ar em torno do corpo
- Rad = ganhos de calor pela absorção de radiação solar e/ou radiação infravermelha provinda das superfícies vizinhas, ou perdas, por emissão de radiação infravermelha para as superfícies vizinhas
- Evap = perdas de calor latente por evaporação da perspiração, respiração ou suor

O sexo e a idade determinarão M, o tipo de atividade modificará M e W, o tipo de roupa e sapatos modificarão os termos "Cond", "Conv", "Rad" e "Evap" (Veja-se valores tabelados no Apêndice 2).

Para que uma pessoa se encontre em conforto térmico, "A" deve ser aproximadamente zero. Neste caso, a superfície da pele se mantém naturalmente em torno dos 34 °C. Se A se mantiver diferente de zero durante algum tempo, a pessoa sentirá calor ou frio.

As perdas ou ganhos de calor no corpo, globalizados em "T", dependerão:

- da temperatura do ar do ambiente,
- da temperatura das superfícies do ambiente,
- da exposição, ou não, à radiação solar direta,
- da umidade relativa e
- do movimento do ar.

(*)Metabolismo: Engloba os complexos processos físicos e químicos que acontecem dentro de um organismo vivo, necessários para a continuação da vida. No processo algumas substâncias são rompidas para dar energia aos processos vitais enquanto outras substâncias, necessárias para a vida, são sintetizadas.

Em nosso clima, a exposição à radiação solar será quase sempre desconfortável, mesmo nos períodos de inverno. Quando a temperatura do ar e das superfícies que rodeiam uma pessoa forem inferiores a da pele, esta perderá calor e sentirá frio. Começarão então a atuar mecanismos no sentido de diminuir essa perda (os poros se fecham, a circulação superficial de sangue diminui, as pessoas se cobrem com mais roupa, para aumentar o isolamento, e fecham as janelas para interromper as correntes de ar)

Quando a temperatura, a umidade, a circulação do ar e a exposição à radiação solar e a das paredes que rodeiam a pessoa, forem tais que a pele dissipe a quantidade de energia térmica que o corpo precisa perder (correspondendo a $A = 0$ na primeira equação), a pessoa não sentirá calor nem frio, situação que descrevemos como sendo de conforto térmico

Mas se as temperaturas do ar e das superfícies envolventes forem maiores que a da pele, a pessoa ganhará calor por condução, convecção e radiação, e só poderá perdê-lo por evaporação, e isto, se a umidade relativa for favorável (a umidade relativa não deveria ser inferior a 30% nem superior aos 90%). A renovação do ar e a ventilação, favorecerão o processo de evaporação da camada d'água sobre a pele, facilitando a situação de conforto térmico.

O projeto arquitetônico bioclimático trabalha com a forma do edifício, seu posicionamento no terreno com relação ao Sol e aos ventos, com proteção solar, cores e disposição de superfícies, e propriedades térmicas dos materiais de construção (escopo de este trabalho), com a disposição de vegetação em torno do edifício, com espelhos d'água e chafarizes, avaliando o período e tipo de utilização do edifício, determinando áreas de aberturas, correntes cruzadas, ventilação seletiva, procurando adequar o edifício ao clima local, para conseguir conforto térmico para as pessoas que utilizarão esse edifício.

O projeto arquitetônico bioclimático não dispensa o uso de ar condicionado, quando for necessário pelo tipo de atividade e período de ocupação, e o orçamento da construção o permitir. Nestes casos, consegue que a potência do sistema seja reduzida, poupando investimento, e que o gasto de energia elétrica seja minimizado, diminuindo o custo da gestão do edifício, sem sacrificar o conforto térmico para os usuários.

No apêndice 4 se apresentam referências bibliográficas recomendadas tanto para o inicio do estudo do tema, quanto para um aprofundamento do seu conhecimento.

4. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO MAIS USUAIS NO RIO DE JANEIRO

Um levantamento dos elementos habitualmente usados para a construção de paredes e tetos em nosso meio, levou a relação que se discute nesta Seção, na qual também são apresentadas suas características mais relevantes.

4.1. Blocos cerâmicos (Tijolos de barro). Entre os materiais utilizados na construção civil no Município de Rio de Janeiro, a maior parte, estimada em torno de 80%, é constituída por tijolos cerâmicos e blocos de concreto. Os tijolos, blocos de barro cozido, são ainda o material de construção mais utilizado na região; maciços ou vazados, os tijolos do Rio de Janeiro são produzidos em equipamentos muitas vezes desenvolvidos na própria oficina, em grande parte artesanais, razão pela qual diferem ligeiramente entre si. Existem algumas produções mais sofisticadas, tijolos de melhor acabamento e encaixes; seu desempenho térmico pode ser inferior dos resultados na Seção 7, que correspondem aos blocos cerâmicos mais usuais, de 10 x 20 x 20 cm, com furos quadrados, já incluindo a argamassa de vedação.

4.2. Adobes. Confeccionados com solos que apresentem em torno de 50% de argila e não menos que 25% de areia, os adobes se distinguem dos tijolos por não serem queimados. São estabilizados de forma mecânica ou através da adição de um material estabilizador e representam uma opção viável para construir em locais onde haja matéria prima farta como áreas rurais e periferia das áreas urbanas. Seu desempenho é bom desde que os blocos sejam assentados corretamente e devidamente protegidos contra a umidade.

4.3. Solocimento. É também uma tecnologia do uso de terra. Os solos ideais devem possuir teor de areia entre 50 e 90% que são, neste caso, misturados com cimento e água. O solocimento permite a confecção de paredes monolíticas, tijolos e blocos, que são sempre compactados em formas adequadas à tarefa que se deseja executar. Não necessita acabamento, apenas impermeabilização.

4.4. Concreto

4.4.1. Blocos de concreto. Como os tijolos, eles podem ter vários formatos e medidas e podem também ser usados com fins estruturais ou de vedação. Para fins de uso das simulações do desempenho térmico quando integrados em paredes (Veja Seção 7), foram considerados blocos vazados, incluindo a argamassa.

4.4.2. Concreto armado. O concreto é um material extremadamente versátil e adequado para a construção de estruturas, lajes, paredes portantes e painéis premoldados. Seu desempenho foi estudado à partir de painéis premoldados, (cuja espessura é proporcional ao tamanho das peças fabricadas), e escolhendo-se como mais significativos:

- Painéis portantes: prefabricados ou moldados em formas "túnel" tem espessuras em torno de 10 a 12 cm e desempenho adequado em prédios próximos de dez andares.
- Painéis de vedação: menores, utilizados entre elementos portantes, têm espessuras variando em torno de 6 cm.

4.4.3. Concretos leves. São concretos com massa específica inferior a 1800 kg/m^3 . Se dividem em dois grandes grupos:

- a) Concretos com agregados leves, onde o agregado tradicional é substituído por agregados leves, por exemplo, argila expandida ou poliestireno expandido (isopor), modificando suas características, inclusive as térmicas.
- b) Concretos celulares, concretos leves, autoclavados, fabricados a partir de uma mistura de cimento, cal, areia e po de alumínio, formando um produto de elevada porosidade, leve e resistente. Apresentam uma gama variada de blocos e painéis autoportantes que podem ser combinados em diversos sistemas modulados. Com um acabamento liso e uniforme, o revestimento é necessário apenas para sua proteção

4.5. Tecnologia mista (Prefabricados de concreto e tijolos cerâmicos vazados). Englobam-se aqui elementos construtivos combinando concreto e tijolos cerâmicos vazados, compostos por elementos prefabricados, ou constituindo painéis para a execução de paredes e pisos

4.6. Argamassa armada. É produzida com cimento, areia e tela de aço, formando painéis modulados com pequena espessura (aproximadamente 2,5 cm). Para melhorar seu desempenho térmico, os painéis utilizados para paredes externas podem ser duplos, separados entre si por uma camada de ar (de 5 cm de espessura), tendo aberturas na parte inferior e superior para permitir a circulação do ar

4.7. Painéis "sandwiche". Recebem este nome os painéis compostos por um material externo resistente, revestindo um material interno ou miolo. Foram estudados painéis compostos de duas faces de fibrocimento com miolo de madeira, que são encontrados no mercado em forma de placas padronizadas de 40 e 55 mm de espessura.

4.8. Madeira. Entre os diversos sistemas construtivos foram selecionados dois:

- a) Tábua horizontal com 2 cm de espessura, em pinho, como as usadas em barracos de obra, e
- b) painéis duplos de pequena espessura, usados para a construção de casas.

4.9 Plásticos alveolares. São materiais de baixa massa específica e baixa condutividade térmica, portanto materiais isolantes. São comercializados sob a forma de placas utilizadas para isolamento de telhados, lajes de coberturas e paredes. Dividem-se em dois grandes grupos:

- a) Poliestireno extrudado, (comercializados sob a forma de placas de espuma rígida, fabricadas por um processo de extrusão contínua cujo resultado é uma estrutura celular fechada e impermeável)
- b) Poliestireno expandido (conhecido como isopor - apresentado também sob a forma de pérolas ou blocos). Inclui-se nas simulações o estudo de um sistema construtivo composto por blocos vazados de poliestireno expandido preenchidos com concreto moldado in loco.

Na Seção 6 se apresentam tabelas de propriedades térmicas de materiais e de elementos de construção usuais. Porém, como já foi destacado, os conjuntos de materiais não se comportam como a simples soma de suas características e, portanto, na Seção 7 se estudam conjuntos representativos de paredes e tetos. Os elementos que as formam se encontram entre os apresentados nesta Seção.

5. DEFINIÇÕES DOS PARÂMETROS TÉRMICOS UTILIZADOS

As propriedades dos materiais de construção que constam nas Seções 6 e 7 são listadas a seguir, ordenadas pelo símbolo de representação, nome e definição utilizada.

- ρ = Massa Específica: Massa do material por unidade de volume (em kg/m^3)
- c = Calor Específico: Quantidade de energia térmica necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 kg do material (em $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)
- $\rho \cdot c$ = Capacidade Térmica, ou Calor Específico Volumétrico: Quantidade de energia térmica necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 m^3 do material ($\text{kJ/m}^3^\circ\text{C}$)
- λ = Condutividade Térmica: Quantidade de energia térmica transmitida através de um corpo homogêneo de 1 m de comprimento, por unidade de área perpendicular à transmissão e por segundo, quando a diferença de temperatura entre as duas fases é de 1°C (em $\text{j/s/m}^2^\circ\text{C/m}$ ou $\text{W/m}^\circ\text{C}$)
- R = Resistência Térmica: Relacionada à oposição de um material, ou de um conjunto de materiais, em transmitir energia térmica (em $\text{m}^2^\circ\text{C/W}$). É diretamente proporcional à espessura (da parede, teto, janela, etc.).
- a = Disusividade: Propriedade de um material de propagar uma onda de temperatura num meio ($a = \lambda / \rho \cdot c$, em m^2/s)
- b = Efusividade: Propriedade de um material relacionada à sua capacidade de absorver, e restituir, energia térmica do ar que rodeia sua superfície, por unidade de tempo ($b = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{1/2}$, em $\text{j/m}^2^\circ\text{C s}^{1/2}$)
- K_t = Coeficiente Geral de Troca de Calor: Valor que expressa a quantidade de energia térmica transmitida por segundo, através de um elemento da construção (ou do edifício todo), tendo em conta as resistências térmicas dos elementos considerados e as resistências superficiais internas e externas (em $\text{j/s}^\circ\text{C}$ ou W°C)

As propriedades das superfícies, ou com mais precisão, as propriedades óticas dos acabamentos das superfícies dos materiais de construção, que aparecem nas Seções 6 e 7, estão listadas a seguir, ordenadas pelo símbolo de representação, nome e definição utilizada.

- α = Coeficiente de absorção ou absorância solar: Fração da radiação solar incidente que é absorvida.
- t = Coeficiente de transmissão ou transmitância solar: Fração da radiação incidente que é transmitida através de fechamento semitransparente (vidro ou plástico).
- ρ = Coeficiente de reflexão ou refletância solar: Fração da radiação incidente que é refletida pela superfície.
- ε = Coeficiente de emissão ou emitância infravermelha: Relação (quociente) entre a radiação infravermelha (chamada também de térmica) emitida por uma superfície e a emitida por um Corpo Negro (corpo padrão) com a mesma área e temperatura.

6. PROPRIEDADES TÉRMICAS DE MATERIAIS

A Tabela de Propriedades Térmicas de Materiais, 6.1, está ordenada por áreas de interesse da construção, e as áreas estão ordenadas segundo uma sequência alfabética. As áreas escolhidas são:

- Agregados
- Argamassas e Pastas
- Argila natural e Produtos Cerâmicos
- Coberturas e Impermeabilizações
- Concretos - separados entre Convencionais e Leves
- Isolantes. Estes foram organizados nas seguintes sub-áreas:
 - Borrachas - Cortiças - Escoria - Fibrosos - Gesso - Granulares - Ladrilhos Acústicos
 - Lã de Rocha - Lã de Vidro - Papelão - Perlita Expandida - Plásticos Alveolares
 - Vermiculita - Vidro Celular
- Madeiras
- Materiais Sintéticos
- Metais
- Revestimentos Pétreos
- Solocimento, Terra e Vegetação
- Vidros

Além dos materiais, também se encontram listados dados de elementos simples tais como tijolos furados e maciços, adobes, blocos e painéis de concreto e compostos.

Na primeira coluna aparece o material e nas três colunas seguintes os valores da massa específica, a condutividade térmica e o calor específico. Os elementos com várias massas específicas foram ordenados a partir do de menor para o de maior massa. Os valores listados foram extraídos de diversas fontes, encontrando-se os números que as identificam na última coluna, as referências bibliográficas estão no Apêndice 3. Foram feitas aproximações, quando várias referências apresentavam valores semelhantes. As medições foram realizadas em condições similares às de utilização, em particular as temperaturas de ensaio estavam perto das que se encontram no Rio de Janeiro, i.e., entre 20 e 35 °C. Condições especiais estão referidas ao pé da página. Para os materiais cujos três primeiros parâmetros térmicos são conhecidos, acrescentaram-se, nas colunas quinta e sexta, respectivamente, os valores calculados da difusividade e da efusividade.

Como pode ser observado, os Isolantes tem um tratamento especial, por se tratar de uma área de materiais muito importante do ponto de vista térmico. Porém, alguns materiais, que tem importância também numa outra área, ficaram fora desta classificação. Como exemplo, julgou-se que alguns concretos leves, ainda que possuindo propriedades isolantes, deviam ser mantidos dentro da área de concretos.

Na Tabela 6.2 se encontram as Propriedades Óticas de Superfícies, i.e., as propriedades frente à radiação dos acabamentos ou tintas superficiais. Os acabamentos superficiais opacos tratam de materiais de fachadas e revestimentos, pinturas, materiais de cobertura e revestimentos metálicos, e os fechamentos semi-transparentes, os vidros das janelas, as persianas verticais, cortinas de enrolar e venezianas. Finalmente, a Tabela 6.3 relaciona Coeficientes úteis para Cálculos Térmicos de Elementos Construtivos ou para determinação do Conforto Térmico.

6.1 Tabela de propriedades térmicas de materiais

MATERIAL	Massa Espécifica (ρ) Kg/m ³	Conduvidade (λ) W/m°C	Calor Esportivo (c) J/kg °C	Difusividade (a) 10 ⁻³ m ² /h	Elatividade (b) J°C/m ² /s ^{1/2}	FONTE
AGREGADOS						
Areia seca (1,2 mm de diâmetro)	1350	0,270	750	2,67	320	1
Areia abrigada da chuva	1500	0,580	800	4,83	830	2/3
Areia de rio (10% de umidade)	1600	0,930				2
Areia de rio (20% de umidade)	1700	1,330				3
Brita ou seixo	1000/1500	0,700	800	5,8/8,7	750/920	4
Sílex	2600/2800	3,500				5
ARGAMASSAS E PASTAS DE GESSO						
Argamassa, de cimento e cal	1900	0,930	1000	4,89	1330	2/6
Idem	2100	1,400	1000	6,67	1710	6
Idem, com perlita (umidade 12%)	600	0,190				2
Argamassa, de cimento e areia (dosagem vol. 1:3, umidade 0%)	1800	0,790	800	5,49	1070	1
(dosagem vol. 1:3, umidade 6%)	1900	0,890	800	5,86	1160	2/1
(dosagem vol. 1:3, umidade 10%)	2000	1,130	800	7,06	1350	2/1
(dosagem vol. 1:4, umidade 0%)	2100	1,300	800	7,74	1480	2/1
(dosagem vol. 1:4, umidade 5%)	1950	0,920	800	5,90	1200	2/1
(dosagem vol. 1:4, umidade 10%)	2000	1,100	800	6,88	1330	2/1
Idem, de gesso e areia (3:1,0,2%)	1550	0,650				2
Idem, de gesso e areia	1680	0,820	840	5,81	1080	4
Argamassa armada de cimento	2200	1,500	1000	6,82	1820	2/5
Reboco leve	600	0,160	1000	2,67	310	8
Reboco pesado	1300	0,500	1000	3,85	810	8
Estuque de morteiro de cal	1600	0,700	840	5,21	970	3
Estuque de cimento e areia	1800	1,200	840	7,94	1350	3
Pasta de gesso	800	0,400	1100	4,55	590	2/6
Idem	1000	0,490	1100	4,45	730	2/6
Idem	1200	0,640	1100	4,85	920	2/6
Idem, com agregados leves	720	0,230	840	3,80	370	4
Pasta de gesso e cal	1400	0,700				2
Placas de gesso	600	0,310				2
Idem	800	0,370				2
Idem	1000	0,440				2
Idem	1200	0,510				2
Idem, com fibras, para forro	950	0,350				1
Idem, com vermiculita (vol. 1:2)	500/700	0,250				5
Idem, com vermiculita (vol. 1:1)	700/900	0,300				5
ARCILAS E PRODUTOS CERÂMICOS						
Argila	1200	0,370	840	3,67	610	2/3
Idem	1800	0,800	840	5,29	1100	3
Argila expandida/Cinacita	900	0,120				9
Idem	1000	0,140				9
Ladrilhos cerâmicos	1800	1,150	920	4,83	1380	7
Idem	2000	1,720	920	9,35	1780	2/7
Telhas	1900	0,840	840	5,26	1560	8
Idem	2000	1,050	920	5,71	1390	6
Tijolo furado (valores médios)	1250	0,670	880	6,09	860	8/5
Tijolo maciço artesanal	1600	0,810	920	5,50	1090	6
Tijolo maciço prensado	1600	0,690	840	5,06	960	10
Tijolo maciço industrial	1700	0,840	880	5,61	1120	8/3
Idem	1800	0,910	880	5,74	1200	2/3
Idem	2000	1,100	880	6,25	1390	2/3

	Massa Específica(ρ) Kg/m ³	Conduvidade (λ) W/m°C	Calor Especifico(c) J/kg °C	Difusividade (k) 10 ⁻⁷ m ² /s	Difusividade (b) 10 ⁻⁶ C/m ² /s ^{1/2}	Fórmula
Asfalto puro	2100	0,700	1700	1,96	1580	11/3
Betume: folhas, cartões e mantas	1000	0,230	800	2,88	430	7
Chapa de fibrocimento	1090	0,250				
Idem	1800	0,760	1250	3,38	1300	12
Idem, ondulada (Brasilit)	1600/1800	0,410				
Idem, ondulada (Eternit)	2000	0,470	1000	2,35	970	9
Idem, ondulada (Sano)	1600	0,410				
Feltro betuminoso e asfalto	1700	0,500	1000	2,94	920	13
Cimento-azinhar prensado	1500	0,360				
Idem	1900	0,600	840	3,76	980	4
Juntas (silicone, poliuretano, acrílico)	1000/1650	0,400				
Mantas de borracha	1500	0,170				
						11

COBERTURAS E IMPERMEABILIZAÇÕES

Asfalto puro
 Betume: folhas, cartões e mantas.
 Chapa de fibrocimento
 Idem
 Idem, ondulada (Brasilit)
 Idem, ondulada (Eternit)
 Idem, ondulada (Sano)
 Feltro betuminoso e asfalto
 Cimento-azinhar prensado
 Idem
 Juntas (silicone, poliuretano, acrílico)
 Mantas de borracha

CONCRETOS

Comuns, com agregados pétreos
 Idem
 Idem
 Idem
 Idem
 De caco de tijolos
 Idem
 Em painéis armados
 Lajotas de cimento
 Mistura com pedras (vol.1:2:4)

LEVES

Celular
 Idem
 Idem
 Idem
 Idem
 Idem
 Bloco de concreto celular
 Painéis de concreto celular
 Painéis de concreto celular/Pumex
 Com argila expandida/Leca
 Idem
 Idem
 Idem
 Com perlita expandida
 Idem
 Idem
 Com poliestireno expandido
 Idem
 Idem
 Idem
 Em painéis, com poliestireno expandido
 Em blocos, com argila expandida
 Em painéis, com argila expandida
 Painel de concreto e tijolos vazados

	Massa Específica(ρ) Kg/m ³	Condutividade (λ) W/m ² /C	Calor Específico(c) J/kg °C	Difusividade (a) 10 ⁻⁷ m ² /s	Efluviadade (b) J ^{0.5} C/m ² /s ^{1/2}	Fones
MATERIAL						
ISOLANTES						
BORRACHAS						
Borracha celular	120	0,047				
Painel de borracha exp. rígida	72	0,032	1700	2,61	62	1
CORTIÇAS						
Granulada	50	0,035	1900	3,68	58	2/10
(ou em placas sem ligante)	90	0,036	1900	2,11	78	10/6
Idem	100	0,040	1900	2,10	87	2/10
Idem	200	0,051	1900	1,34	140	2/10
Idem	300	0,056	1900	0,98	180	2/10
Idem	400	0,069	1900	0,91	230	10/6
Em placas, com ligante asfáltico	230	0,046				4
ESCORIAS						
Expandida pura	100	0,041				11
Idem	200	0,046				11
Expandida com breu	100/150	0,043				11
Idem	150/250	0,048				11
FIBROSOS						
Algodão	80	0,042				3
Palha (Sape)	200	0,120	2300	2,61	230	6
GESSOS						
Celular seco	192	0,063				4
Idem	288	0,085				4
Idem	384	0,111				4
Idem	480	0,144				4
Em flocos secos e fofos	288	0,049				4
Idem	384	0,069				4
Idem	544	0,086				4
LADRILHOS ACÚSTICOS						
Leve	290	0,050	800	2,16	108	4
Pesado	340	0,053				4
LÂ MINERAL						
Manta de lâ de rocha	35	0,035	920			13
Idem	150	0,044	920			13
Manta de lâ de rocha/Rockfibras	25	0,034				9
Idem	48	0,032				9
Paineis de lâ de rocha/Rockfibras	80	0,032				9
Idem	110	0,030				9
Material fibroso de rocha	290	0,042				4
Idem	340	0,043				4
Manta de lâ de vidro/Isover	12	0,045				9
Idem	16	0,042				9
Idem	20	0,038				9

	Massa Especifica(<i>p</i>) Kg/m ³	Condutividade (<i>k</i>) W/m. ^o C	Calor Específico(<i>c</i>) J/kg. ^o C	Difusividade (<i>a</i>) 10 ⁻⁷ m ² /s	Emissividade (<i>b</i>) J ^o C/m ² /s ^{1/2}	Fórmula
--	---	--	--	--	---	---------

MATERIAL

ISOLANTES

LÂ MINERAL

Manta de lã de vidro/Poliglas	10	0,048				9
Manta de lã de vidro/Eucatex	12	0,035				9
Idem	16	0,034				9
Idem	48	0,033				9
Painéis de lã de vidro/Eucatex	32	0,034				9
Idem	60	0,031				9
Painéis de lã de vidro/Isover	60	0,030				9
Painéis de lã de vidro/Poliglas	15	0,044				9
Idem	22	0,041				9
Idem	50	0,035				9
Idem	75	0,034				9
Idem	100	0,041				9
Lâ de vidro aplicada in loco/Isover	50	0,033				9
Idem	80	0,031				9
Idem	100	0,031				9

MADEIRAS COMO ISOLANTES

Balsa	60/120	0,052(1)				5/10
Cavaco de madeira	74	0,055				1
Idem	172	0,058				1
Fibra de madeira	135	0,042				4
Idem	250	0,048				4
Madeira mineralizada/Climatex	440	0,037				9
Painel de fibra aglomerada	200	0,047				2
Idem	300	0,054				2
Idem	350	0,056				2
Idem	500	0,092				1
Painel de fibra aglomerada/Eucatex	230	0,036				9
Idem	260	0,050				9
Painel de partículas aglomeradas	300	0,069				2
Idem	400	0,078				2
Idem	500	0,087				2
Idem	600	0,090				2
Raspas de plântula	140	0,060	1700	2,50	120	4
Serragem variada	130/240	0,065				4

PAPELÃO

Papelão	650	0,080				9
Papelão corrugado com 4 camadas/pol.	170	0,100				9
Papelão laminado	480	0,072	1400	1,07	695	4

PERLITA EXPANDIDA

Soltos	30/65	0,039/0,045				4
Idem	65/120	0,045/0,052				4
Idem	120/175	0,052/0,060				4
Placas, aglomerado c/liga benuminosa	170/190	0,058				5

Massa Especificada(ρ) Kg/m ³	Conduktividade (λ) W/m°C	Caleor Especifico(c) J/kg °C	Difusividade (α) 10 ⁻⁷ m ² /s	Eficiência (b) J°C/m ² /s ^{1/2}	Ponto
--	--	--	--	---	-------

MATERIAL.

ISOLANTES

PLÁSTICOS ALVEOLARES

Poliestireno expandido em placas	15	0,036	1200	20,0	25	4/15
Idem	20	0,034	1200	14,2	29	4/15
Idem	30	0,031	1200	8,6	33	4/15
Poliestireno expandido /Isopor	15	0,032	1200	13,8	28	9
Idem	20	0,029				9
Idem	40	0,027				9
Idem	70	0,028				9
Idem	90	0,030				9
Poliestireno expandido /Alvisol	35	0,038				9
Poliestireno moldado/Isofoam	35	0,029	1200	6,9	35	9
Poliestireno extrudado/Glascofoam	35	0,030				9
Poliestireno extrudado/Styrofoam	35	0,030	1200	7,1	35	9
Poliuretano celular em placas	24	0,023	1600	6,0	30	4
Idem	30	0,026				1
Placas de espuma fenólica/Unifired	30	0,037				9
Idem	40	0,037				9
Idem	60	0,040				9
Idem	80	0,042				9
Poliuretano, espuma aplicada in loco	24/40	0,023/0,026				9

VERMICULITA

Esfoliada (Soltta)	60/100	0,063	1350	4,7/7,7	70/90	4
Idem	110/130	0,068	1350	3,9/4,6	100/110	4
Em placas	250	0,079	1000	3,16	140	6
Idem	400	0,116	1000	2,90	215	6
Em placas, aglomerada com silicatos	200/300	0,100				5
Idem	300/400	0,140				5
Idem	400/500	0,190				5

VIDRO CELULAR

Era placas homogêneas	110/140	0,048				5
Idem	125	0,520				11
Idem	150	0,058				11

MATERIAL	Massa Específica (d)	Conduvidade (λ)	Calor Específico (c)	Difusividade (α)	Efusividade (β)	Fator
MADEIRAS						
Madeira natural, leve	400	0,110	1900	1,44	290	16
Idem, média	600	0,150	1900	1,32	410	16
Idem, dura	800	0,200	1900	1,32	550	16
Madeira pesada	800/1000	0,290				5
Madeira resinosa, leve (pinho)	450/550	0,150				5
Idem, pesada	600/750	0,230				5

ELEMENTOS DE MADEIRA

Laminados e aglomerados	400	0,100	2300	1,10	300	6
Idem	600	0,140	2300	1,00	440	6
Idem	800	0,170	2300	0,92	560	6
Madeira compensada	1000	0,200	2300	0,87	680	6
Painel de fibra de madeira aglomerada	700	0,110				2
Idem	800	0,130				2
Idem	900	0,150				2
Idem	1000	0,170				2
Idem, com cimento	400	0,120				11
Idem	500	0,140				11
Idem	600	0,160				11
Painel de partículas de mad. prensada	350/450	0,100				11
Idem	450/550	0,120				5
Idem	550/650	0,140				5
Idem	650/700	0,170				5
Painel de partículas de mad. extrudada	550/650	0,160				5

POR TIPOS DE MADEIRA

Abeto, Cedro e Pinheiro (pinus)	300/450	0,120				5
Bétula	680	0,130(1)				2
Bordo	700	0,160(L)	1650	1,39	430	2/4
Idem	700	0,420(//)	1650	3,63	700	2/4
Carvalho (12% de umidade)	660/750	0,160/0,180	1650	1,48	415/470	4
Carvalho, frutíferas	700	0,230	2400	2,31	480	5/3
Carvalho	820	0,210(L)	2400	1,07	640	3
Cedro (12% de umidade)	350/500	0,100/0,130	1650	0,75/1,60	240/325	4
Cipreste	500	0,130	1650	1,60	325	4
Freixo	740	0,170(1)	1600	1,44	450	2/4
Idem	740	0,300(//)	1600	2,53	600	2/4
Pinho (12% de umidade)	460	0,140	2400	1,27	390	1
Idem	570/660	0,140/0,160	2400	1,02	440/500	4
Pinho (15% de umidade)	450/550	0,150				5
Pinho (araucária)	400/600	0,200(L)	2700	1,23/1,85	460/570	2/3
Idem	400/600	0,280(//)	2700	1,72/2,60	550/670	2/3

MATERIAIS SINTÉTICOS

Forno-fenólicos	1000/1500	0,400				5
Mastic para juntas	1000/1650	0,400				5
Poliimida (nylon, etc.)	1000/1150	0,400				5
Policôster	1400/1700	0,400				5
Poliétileno	900/1000	0,400				5
Borrachas sintéticas	1300/1500	0,400				5
Polimetacrilato de metila (acrílicos)	1100/1400	1,740/0,200				2/4
Policloreto de vinila (PVC Vulc.)	1200/1400	0,170	1000	1,31	470	9

Massa Específica (ρ)	Condução (λ)	Calor Específico (c)	Difusividade (α)	Emissividade (ε)	Fase
Kg/m³	W/m°C	J/kg °C	10⁻⁴ m²/s	J°C/m²/s¹/²	

MATERIAL

METAL

Aço carbono (1%)	7800	43	470	120	12600	17
Aço cromo (5%)	7800	39	460	110	11800	17
Alumínio	2700	204	896	840	22200	17
Cobre	8900	390	380	1150	36300	17
Chumbo	11400	35	130	240	7200	17
Duraluminio	2800	160	880	650	19900	17
Ferro puro	7900	73	452	200	16100	17
Ferro forjado	7850	58	460	160	14500	17
Ferro fundido gusa	7500	56	460	160	13900	17/10
Latão	8500	110	380	340	18900	17
Zinco	7100	110	380	410	17200	17

REVESTIMENTOS PÉTREOS

Ardósia	2700	1.700(L)	840	7,50	1960	2/12
Idem	2700	2.800(II)	840	12,30	2520	2/12
Calcário	1400/1600	0,950	920	6,90	1140	5/18
Idem	1600/1800	1,050	920	6,70	1280	5/18
Idem	1800/2000	1,240	920	7,10	1470	18/19
Idem	2000/2200	1,490	920	7,70	1700	18/19
Idem	2200/2400	1,700	920	8,00	1900	5/18
Idem	2400/2600	2,200	920	9,60	2250	5/18
Graisse	2400/2700	3,500	840	16,00	2800	5
Granito	2500/3000	3,500	840	15,30	2800	5/6
Idem	2600	2,300	840	10,50	2240	13
Mármore	2500	2,000	900	8,90	2120	13
Idem	2600/2700	2,900	840	13,00	2540	6
Idem	2800	3,500	920	13,60	3000	3

SOLOCIMENTO, TERRA E VEGETAÇÃO

Blocos de adobe	1700	0,520	840	3,65	860	19
Solocimento	2000	0,780	580	6,77	950	20
Terra argilosa seca	1600/1900	0,280/2,800				2
Terra comprimida (bloco, seco)	1700/1900	1,100	840	6,9/7,7	1300	5
Terra úmida	1800	0,580	1460	2,21	1230	17

VIDROS

Comum (menor conteúdo de ferro)	2500	0,810				11
Idem (maior conteúdo de ferro)	2500	1,100	840	5,24	1520	13
Idem	2700	1,150	840	5,07	1615	6/5

6.2 Tabela de propriedades óticas de superfícies (propriedades frente à radiação dos acabamentos ou tintas)

	Absorção Solar (α)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
ACABAMENTO SUPERFICIAL OPACO			
INDICAÇÃO GERAL PARA CORES DE PINTURAS			
Branco, caiado ou mate	0,20 - 0,40	0,85 - 0,95	21
Cinza claro para escuro	0,40 - 0,50	0,85 - 0,95	21
Verde, vermelho e marrom	0,50 - 0,70	0,40 - 0,60	21
Marrom escuro até azul	0,70 - 0,80	0,90	16/21
Azul escuro até preto	0,80 - 0,90	0,95	21
MATERIAIS DE FACHADAS E REVESTIMENTOS			
Tijolo vermelho aparente	0,70-0,80	0,85-0,95	21/22
Tijolo amarelo escuro	0,50-0,70	0,85-0,95	16/22
Tijolo amarelo claro	0,30-0,50	0,40-0,60	3
Concreto aparente (limpo)	0,55	0,90	16/21
Concreto aparente (envelhecido)	0,70-0,80	0,90	16/21
Pedra escura aparente	0,65-0,80	0,85-0,95	1
Pedra calcária clara	0,57	0,95	21
Mármore claro	0,46	0,95	18/21
Reboco claro	0,30-0,50	0,85-0,95	1
Madeira de Pinho	0,60	0,95	21
Madeira de Carvalho		0,90	23
Maderit	0,80	0,95	9
PAVIMENTOS E CHÃO			
Asfalto	0,93	0,93	18
Pavimento de asfalto	0,95	0,90	16
Terra	0,75	0,75	21
Borracha, preta, dura		0,90-0,95	23
Borracha, parda, áspera		0,86	23
Grama	0,67		21
Lajotas e azulejos, cores claras	0,25-0,40	0,90-0,95	13
Lajotas e azulejos, cores escuros	0,80	0,90	13
Arcia seca	0,82		21
Arcia molhada	0,91		21
Superfície da água (incid. solar 80°-90°)	0,53		21
Superfície da água (incidência solar 50°)	0,90		21
Absorção da floresta (verde claro)	0,85		21
Absorção da floresta (verde escuro)	0,95		21
PINTURAS			
Betuminosas	0,85-0,98	0,95	6
Caições	0,20-0,50	0,85-0,95	1
Preta	0,85-0,95	0,90-0,98	21/22
Branca	0,30	0,90	16
Branca (ZnO)	0,18	0,95	18
Branco de chumbo	0,29	0,89	21
Verde claro brilhante (óleo)	0,50	0,95	21
Cinza e verde escuro (óleo)	0,75	0,95	21
Pintura de alumínio	0,55	0,55	21

MATERIAIS DE COBERTURA

	Absorção Solar (α)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
Telhas de barro, moldadas	0,65-0,80	0,85-0,95	1
Telhas de barro, cor vermelha	0,65-0,80	0,85-0,95	22
Telhas de barro, cor beige	0,30-0,50	0,40-0,60	22
Telhas de concreto, natural	0,65	0,90	16
Telhas de concreto, pint. de preto	0,90	0,90	16
Chapas galvanizadas, novas	0,40-0,65	0,20-0,30	6
Chapas de fibrocimento, sujas	0,70	0,95	21
Impregnabilidade	0,90	0,95	1/24
Laje volterrana	0,70	0,90	1/24
Telha de madeira	0,60	0,92	25
Areia	0,89		8

REVESTIMENTOS METÁLICOS

	Absorção Solar (α)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
Alumínio fosco; aço galvanizado	0,40-0,65	0,20-0,30	4
Folha de alumínio, polido	0,15	0,08	21
Folha de alumínio, oxidado	0,20	0,11	13
Alumínio e cromo, polidos	0,10-0,40	0,02-0,04	22
Latão e cobre, polidos	0,30-0,50	0,02-0,05	22
Latão e cobre, sujos	0,60	0,20	16
Zinco, oxidado	0,40-0,65	0,11	4
Aço, polido	0,40-0,65	0,20-0,30	4
Ferro galvanizado	0,40-0,65	0,20-0,30	22
Chapa de ferro galvanizado, envernizada	0,90	0,28	21

	Absorção Solar (α)	Transmissão Solar (τ)	Refletância Solar (ρ)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
--	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--	-------

FECHAMENTOS SEMI-TRANSPARENTES

VIDROS

	Absorção Solar (α)	Transmissão Solar (τ)	Refletância Solar (ρ)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
Comum (1 mm)	0,05	0,87	0,08	0,90-0,95	22
Comum (3 mm)	0,07	0,85	0,08	0,90-0,95	1/22
Comum (4 mm)	0,11	0,81	0,08	0,90-0,95	1/22
Comum (8 mm)	0,27	0,65	0,08	0,90-0,95	1/22
Aramado (3 mm)		0,65			1
Opalino (3 mm)		0,50			1

PERSIANAS VERTICais, CORTINAS DE ENROLAR E VENEZIANAS

	Absorção Solar (α)	Transmissão Solar (τ)	Refletância Solar (ρ)	Emitância Infravermelha (ϵ)	Fonte
Vertical cor branca	0,23	0,00	0,77		4
De enrolar, leve (translúcida)	0,15	0,25	0,60		4
De enrolar, branca (opaca)	0,20	0,00	0,80		4
De enrolar, cor escura (opaca)	0,88	0,00	0,12		4
Veneziana, levemente colorida	0,40	0,05	0,53		4
Veneziana, medianamente colorida	0,60	0,05	0,35		4

Todos os valores da emitância que figuram na tabela foram medidos a temperaturas vizinhas à do ambiente (10 a 40 °C). Os valores da transmitância para os vidros são para incidência normal da radiação solar.

6.3 Tabela de Coeficientes para Cálculos Térmicos de Elementos Construtivos e/ou determinação do Conforto Térmico.

DADOS DA ÁGUA E DO AR

	Massa Específica (ρ) kg/m ³	Condutividade (λ) W/m°C	Calor Específico (c) J/kg/°C	Diffusividade (a) 10 ⁻⁷ m ² /s	Emissividade (b) J ^{0.5} C/m ² /s ^{0.5}	Fundo
Água	1000,0	0,604	4180	1,44	1589	Padrão
Ar	1,2	0,024	1012	198,00	5	Padrão
Gelo (-1 °C)	920,0	2,247	2260	10,81	2161	Padrão

CALORES LATENTES DA ÁGUA (Padrão)

Calor latente de fusão da água = 334 kJ/kg = 80 kcal/kg

Calor latente de evaporação da água: à temperatura de 20 °C = 2484 kJ/kg
 à temperatura de 30 °C = 2455 kJ/kg
 à temperatura de 100 °C = 2257 kJ/kg = 539 kcal/kg

RESISTÊNCIAS SUPERFICIAIS (Ref. 21)

	Elemento da construção	Fluxo de calor	RESISTÊNCIA (m ² ·°C/W)	
			Emissividade da superfície	
Superfícies internas	Paredes	Horizontal	Alta	0,123
	Tetos ou pisos	Horizontal	Baixa	0,304
Superfícies externas	Paredes	Para cima	Alta	0,106
	Tetos	Para baixo	Baixa	0,150
	Paredes	Horizontal	Alta	0,055
	Tetos	Para cima	Baixa	0,045

RESISTÊNCIA TÉRMICA DE ESPAÇOS COM AR (cm·m²·°C/W) (Ref. 13)

	Espaço em mm	Emissividade das superfícies	Fluxo de calor		
			Horizontal	Para cima	Para baixo
Não ventilados	1	Alta	0,035	0,035	0,035
		Baixa	0,07	0,07	0,07
	5	Alta	0,11	0,11	0,11
		Baixa	0,22	0,22	0,22
	10	Alta	0,15	0,13	0,15
		Baixa	0,30	0,25	0,30
Ventilados	20 ou mais	Alta	0,17	0,14	0,20
		Baixa	0,35	0,28	0,41
	1	Alta	0,17	0,17	0,17
		Baixa	0,35	0,35	0,35
	5	Alta	0,05	0,05	0,05
		Baixa	0,10	0,10	0,10
	10	Alta	0,07	0,06	0,07
		Baixa	0,14	0,12	0,14
	20 ou mais	Alta	0,08	0,07	0,10
		Baixa	0,16	0,14	0,20

7. TABELAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE CONJUNTOS DE MATERIAIS

Esta Seção apresenta resultados de simulações de desempenho térmico de conjuntos de materiais, utilizados como paredes. Como modelo de edificação para as simulações usou-se o mais simples possível: uma célula habitacional retangular de 12m², pé direito útil de 3m, piso e teto em laje de concreto (para se assemelhar também a um pavimento de prédio), telhado em quatro águas em telhas de barro tipo canal, excedendo em 80 cm o perímetro externo [Ref. 24 e 26]. A composição das paredes foi sendo variada gradativamente, começando pelos tijolos cerâmicos e blocos de concreto (pois é estimado que constituem em torno de 80% dos materiais utilizados na construção civil no Município de Rio de Janeiro), com seus revestimentos habituais. O clima escolhido para implantação do módulo de simulação foi o do bairro da Penha, no mês de fevereiro, um dos mais desfavoráveis do Rio de Janeiro frente ao calor.

O programa de computação de avaliação térmica usado foi o CASAMO CLIM [Ref 8]. Este programa trabalha com as variáveis que interferem no desempenho térmico do ambiente construído, listadas a seguir:

- **Características Climáticas do Local**, no mês em estudo: latitude, altitude, temperatura, umidade relativa do ar, ventos, intensidade de radiação solar;
- **Orientação do Ambiente em Estudo** em função do trajeto do sol, radiação incidente sobre os planos das fachadas e telhados, efeito de sombreamentos;
- **Características da Construção**: planta do ambiente construído, vãos e aberturas;
- **Características Térmicas dos Materiais** utilizados, e respectivos acabamentos;
- **Perfil de Ocupação**, quantidade provável de ocupantes e cargas internas geradas pela sua permanência (iluminação, equipamentos e seu próprio metabolismo).

Realizaram-se cálculos com dois perfis de ocupação: um **Noturno** (das 19 às 7 horas), destinado a representar, por exemplo, um dormitório de uma residência, e outro **Diurno** (das 7 às 19 horas), para avaliar uma área de estar diurna, sala de aula ou escritório. Os resultados das 40 simulações realizadas são apresentados junto com dados de composição de cada uma das paredes, acrescidos das informações mais relevantes, que são os seguintes:

- **Índice De Qualidade** - designado por uma letra, como explicado à seguir;
- **Temperatura Média Noturna** - $T_{m,N}$ - temperatura média para o período de ocupação noturna;
- **Temperatura Média Diurna** - $T_{m,D}$ - temperatura média para o período de ocupação diurna.

Simulações Realizadas

Os Tijolos Cerâmicos (de barro) foram tomados como uma primeira referência; foram feitas 24 simulações para paredes com tijolos de 10 e 20 cm, com acabamento de argamassa em uma das faces e em ambas, com pintura (caiação) em uma das faces ou em ambas, acrescidas de revestimentos variados, pelo lado interno e pelo lado externo. Foram estudadas também, opções incluindo materiais isolantes, e câmaras de ar entre paredes duplas bem como o desempenho de Tijolos Maciços e Adobes (As primeiras 8 simulações consideram Tijolos Furados com acabamentos variados, cujas conclusões

podem ser estendidas ao Soltamento. As 4 seguintes, Tijolos Maciços e Adobe, as simulações números 13 e 14 usaram Tijolos Furados, acrescidos com revestimento interno, da 15 à 19, Tijolos Furados, acrescidos com revestimento externo, e finalmente da 20 à 24, inclusão de Camada Isolante.

As duas simulações seguintes foram feitas para blocos de concreto vazados, com seu revestimento habitual e caiação que podem ser comparados às dos tijolos vazados, nas mesmas condições. A influência das opções de revestimento podem ser inferidas das respostas do grupo anterior. As simulações números 27 à 33 foram feitas para sistemas construtivos industrializados, envolvendo painéis de concreto armado convencional (27 e 28), argamassa armada (29 e 30) e concretos leves (31 à 33).

Na simulação 34 foi usada uma opção mista: composição de vigotas de concreto, entremeadas de tijolos furados. As simulações finais, de 35 à 40, foram destinadas a painéis "sanduíche", compostos com materiais de baixa inércia: madeira, fibrocimento, poliuretano e camada de ar.

Assim como foi mencionado para as primeiras simulações, foi mantido constante, para todo o trabalho, o acabamento em pintura tipo caiação, afim de excluir das comparações a variável "cor" (exceto para painéis em madeira natural). Também, dada a semelhança de α e ε para argamassa sem caiação, tijolos aparentes e pintura escura, as respostas das simulações feitas para os dois primeiros foram estendidas para a última.

Classificação dos Resultados - Índice De Qualidade

Os resultados das simulações, foram classificados por suas Temperaturas Resultantes Médias Noturnas (T_mN), em quatro grupos de desempenho: o melhor desempenho corresponde a uma temperatura média menor:

Classificação	para o intervalo
A	de 27,5 °C a 27,8 °C
B	de 27,8 °C a 28,1 °C
C	de 28,1 °C a 28,4 °C
D	de 28,4 °C a 28,7 °C

Uma segunda classificação foi realizada segundo as Temperaturas Resultantes Médias Diurnas (T_mD):

Classificação	para o intervalo
A+	de 29,2 °C a 29,65 °C
A-	de 29,65 °C a 30,1 °C
B+	de 30,1 °C a 30,55 °C
B-	de 30,55 °C a 31 °C
C+	de 31 °C a 31,45 °C
C-	de 31,45 °C a 31,9 °C
D	acima de 31,9 °C

A análise dos resultados é apresentado nas Conclusões e Recomendações (Seção 8).

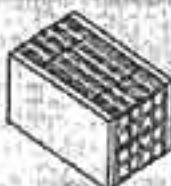
Simulação 1:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,200	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \epsilon = 0,95$

$$Kt = 1,697 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



AVALIAÇÃO

B

$$Tm.N = 27,88 \text{ °C}$$

A-

$$Tm.D = 29,67 \text{ °C}$$

Simulação 2:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \epsilon = 0,95$

$$Kt = 2,419 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



AVALIAÇÃO

B

$$Tm.N = 28,09 \text{ °C}$$

A-

$$Tm.D = 29,77 \text{ °C}$$

Simulação 3:

argamassa interna sem pintura $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	$\lambda:$ (W/m ² /C)	$\rho:$ (kg/m ³)	c: (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

argamassa externa sem pintura $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

Kt = 2,419 W/m²/C



AVALIAÇÃO

D

B-

Tm.N = 28,58°C

Tm.D = 30,82 °C

Simulação 4:

argamassa interna sem pintura $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	$\lambda:$ (W/m ² /C)	$\rho:$ (kg/m ³)	c: (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \epsilon = 0,95$

Kt = 2,419 W/m²/C



AVALIAÇÃO

C

A-

Tm.N = 28,12°C

Tm.D = 29,86°C

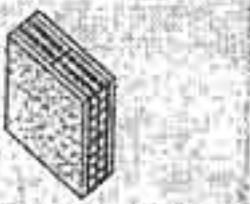
Simulação 5:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

argamassa externa sem pintura $\alpha = 0,70$ $\varepsilon = 0,90$

$Kt = 2,419 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

D

B-

$T_{m,N} = 28,54^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 30,73^\circ\text{C}$

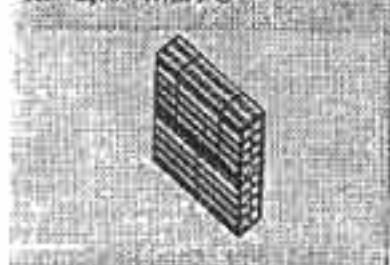
Simulação 6:

tijolo sem pintura interna $\alpha = 0,70$ $\varepsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880

tijolo sem pintura externa $\alpha = 0,70$ $\varepsilon = 0,90$

$Kt = 2,703 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

C

C-

$T_{m,N} = 28,28^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 31,69^\circ\text{C}$

Simulação 7:

tijolo sem pintura interna $\alpha = 0,70 \quad \varepsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c. (J/kg °C)
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

argamassa externa sem pintura $\alpha = 0,70 \quad \varepsilon = 0,90$

$K_1 = 2,533 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

D

C-

Tm.N = 28,41°C

Tm.D = 31,46°C

Simulação 8:

argamassa interna sem pintura $\alpha = 0,70 \quad \varepsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c. (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880

tijolo sem pintura externa $\alpha = 0,70 \quad \varepsilon = 0,90$

$K_1 = 2,533 \text{ W/m}^2\text{°C}$

AVALIAÇÃO

D

B-

Tm.N = 28,56°C

Tm.D = 30,87°C

Simulação 9:

tijolo sem pintura interna $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c (J/kg °C)
tijolo maciço	0,100	0,810	1600	920

tijolo sem pintura externa $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

$$Kt = 3,408 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



AVALIAÇÃO

D

$$T_{m,N} = 28,57^\circ\text{C}$$

C-

$$T_{m,D} = 31,62^\circ\text{C}$$

Simulação 10:

tijolo sem pintura interna $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c (J/kg °C)
tijolo maciço	0,200	0,810	1600	920

tijolo sem pintura externa $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

$$Kt = 2,399 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



AVALIAÇÃO

D

$$T_{m,N} = 28,65^\circ\text{C}$$

B-

$$T_{m,D} = 30,56^\circ\text{C}$$

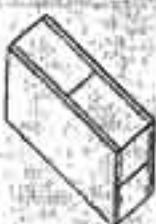
Simulação 11:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c: (J/kg °C)
estuque de cim. e areia	0,005	1,200	1800	840
argamassa de barro	0,020	0,520	1700	840
bloco de adobe	0,150	0,520	1700	840
argamassa de barro	0,020	0,520	1700	840
estuque de cim. e areia	0,005	1,200	1800	840

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Kt = 1,837 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

B

Tm.N = 27,91°C

A+

Tm.D = 29,57°C

Simulação 12:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c: (J/kg °C)
tijolo maciço	0,200	0,810	1600	920

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Kt = 2,399 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

B

Tm.N = 28,09°C

A+

Tm.D = 29,63°C

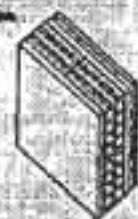
Simulação 13:

madeira cor média interna $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
madeira média	0,015	0,150	600	1900
camada de ar	0,020	0,120	1	1012
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

KI = 1,517 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

B

B+

Tm.N = 27,89°C

Tm.D = 30,29°C

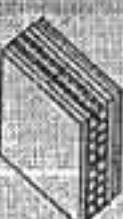
Simulação 14:

cerâmica branca interna $\alpha = 0,35$ $\epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
azulejo (ladrilho cerâmico)	0,003	1,150	1800	920
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

KI = 2,426 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

B

A-

Tm.N = 28,08°C

Tm.D = 30,02°C

Simulação 15:

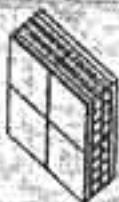
pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
revestimento cerâmico	0,008	1,150	1800	920

cerâmica branca externa $\alpha = 0,35$ $\epsilon = 0,90$

Kt = 2,397 W/m²/°C

AVALIAÇÃO



C

A-

Tm.N = 28,23°C

Tm.D = 30,07°C

Simulação 16:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
pastilha (ladrilho cerâmico)	0,002	1,150	1800	920

cerâmica branca externa $\alpha = 0,35$ $\epsilon = 0,90$

Kt = 2,432 W/m²/°C

AVALIAÇÃO



C

A-

Tm.N = 28,22°C

Tm.D = 30,06°C

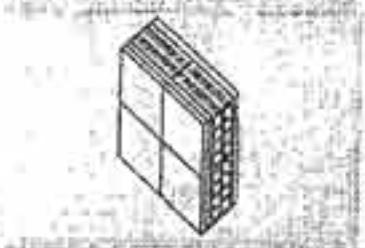
Simulação 17:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
mármore branco	0,020	2,900	2600	840

mármore branco externo $\alpha = 0,40$ $\epsilon = 0,95$

Kt = 2,404 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

C

B+

Tm,N = 28,25°C

Tm,D = 30,14°C

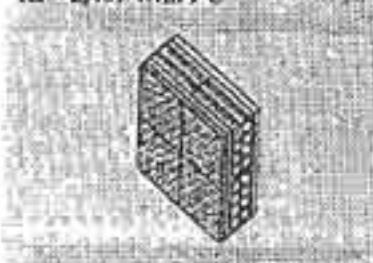
Simulação 18:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
granito escuro	0,020	3,500	2800	840

granito escuro externo $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

Kt = 2,409 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

D

B-

Tm,N = 28,56°C

Tm,D = 30,81°C

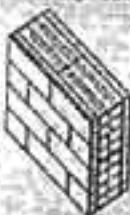
Simulação 19:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m ² /°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
tijolo aparente (mac. prensado)	0,010	0,690	1600	840

tijolo externo $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

$Kt = 2,373 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

D

B-

Tm.N = 28,53°C

Tm.D = 30,69°C

Simulação 20:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m ² /°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa armada de cimento	0,020	1,500	2200	1000
isopor	0,050	0,032	15	1200
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

$Kt = 0,545 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

A-

Tm.N = 27,68°C

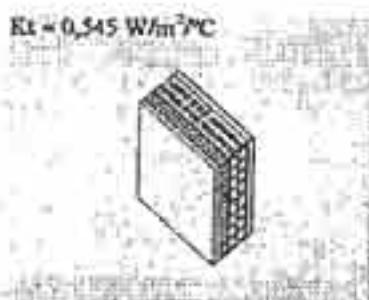
Tm.D = 30,07°C

Simulação 21:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
isopor	0,050	0,032	15	1200
argamassa armada de cimento	0,020	1,500	2200	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$



AVALIAÇÃO

A

A+

Tm.N = 27,63°C

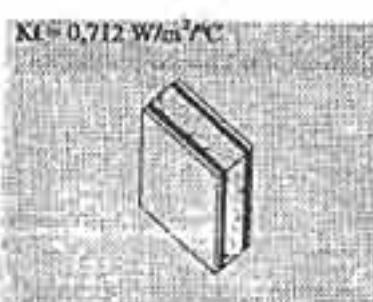
Tm.D = 29,24°C

Simulação 22:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800
isopor	0,020	0,032	15	1200
concreto armado	0,100	1,750	2400	1000
isopor	0,020	0,032	15	1200
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$



AVALIAÇÃO

A

A-

Tm.N = 27,66°C

Tm.D = 29,69°C

Simulação 23:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	$\lambda;$ (W/m°C)	$\rho;$ (kg/m³)	$c;$ (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
camada de ar	0,050	0,290	1	1000
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Kt=1,310 W/m²°C



AVALIAÇÃO

A

Tm.N = 27,78°C

A-

Tm.D = 29,71°C

Simulação 24:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	$\lambda;$ (W/m°C)	$\rho;$ (kg/m³)	$c;$ (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
camada de ar c/ alumínio	0,050	0,140	1	1000
tijolo furado	0,100	0,670	1250	880
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Kt=0,890 W/m²°C



AVALIAÇÃO

A

Tm.N = 27,68°C

A-

Tm.D = 29,75°C

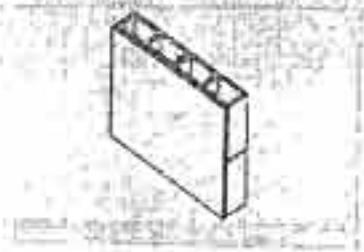
Simulação 25:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
reboco de gesso	0,005	0,490	1000	1100
bloco de concreto furado	0,100	1,280	1450	1000
argamassa de cimento	0,015	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Kt = 3,557 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

C

B+

Tm.N = 28,19°C

Tm.D = 30,16°C

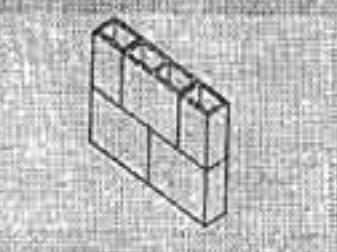
Simulação 26:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
bloco de concreto furado	0,100	1,280	1450	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Kt = 4,030 W/m²/°C



AVALIAÇÃO

B

B+

Tm.N = 28,10°C

Tm.D = 30,36°C

Simulação 27:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	$\lambda:$ (W/m°C)	$\rho:$ (kg/m³)	$c:$ (J/kg °C)
concreto armado	0,120	1,750	2400	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

$Kt = 4,192 \text{ W/m}^2\text{/}^\circ\text{C}$



AVALIAÇÃO

D

A-

$T_{m,N} = 28,44^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 30,00^\circ\text{C}$

Simulação 28:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	$\lambda:$ (W/m°C)	$\rho:$ (kg/m³)	$c:$ (J/kg °C)
concreto armado	0,060	1,750	2400	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

$Kt = 4,895 \text{ W/m}^2\text{/}^\circ\text{C}$



AVALIAÇÃO

B

B-

$T_{m,N} = 28,04^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 30,61^\circ\text{C}$

Simulação 29:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m/K)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa armada de cimento	0,025	1,500	2200	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

$Kt = 5,357 \text{ W/m}^2/\text{C}$



AVALIAÇÃO

A

Tm.N = 27,56°C

C+

Tm.D = 31,19°C

Simulação 30:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m/K)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa armada de cimento	0,025	1,500	2200	1000
câmara de ar ventilada	0,050	0,620	1	1000
argamassa armada de cimento	0,025	1,500	2200	1000

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

$Kt = 4,360 \text{ W/m}^2/\text{C}$



AVALIAÇÃO

B

Tm.N = 27,92°C

B-

Tm.D = 30,67°C

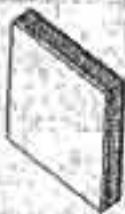
Simulação 31:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m/K)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,010	1,130	2000	800
concreto com isopor	0,080	0,350	900	1200
argamassa de cimento	0,025	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

$Kt = 2,355 \text{ W/m}^2/\text{K}$



AVALIAÇÃO

B

Tm.N = 28,02°C

A-

Tm.D = 30,02°C

Simulação 32:

pintura branca interna $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m/K)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,010	1,130	2000	800
concreto - argila expandida	0,080	1,050	1700	960
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20 \quad \varepsilon = 0,95$

$Kt = 3,673 \text{ W/m}^2/\text{K}$



AVALIAÇÃO

C

Tm.N = 28,24°C

A-

Tm.D = 30,05°C

Simulação 33:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c: (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,010	1,130	2000	800
- concreto celular	0,100	0,130	550	960
argamassa de cimento	0,020	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

$K_t = 1,036 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

→ A

$T_{m,N} = 27,74^\circ\text{C}$

B+

$T_{m,D} = 30,17^\circ\text{C}$

Simulação 34:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c: (J/kg °C)
argamassa de cimento	0,010	1,130	2000	800
concreto - tijolo furado	0,080	0,670	1300	950
argamassa de cimento	0,010	1,130	2000	800

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

$K_t = 3,253 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

C

$T_{m,N} = 28,16^\circ\text{C}$

A-

$T_{m,D} = 30,04^\circ\text{C}$

Simulação 35:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
fibrocimento	0,006	0,600	1900	840
madeira dura	0,043	0,200	800	1900
fibrocimento	0,006	0,600	1900	840

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\varepsilon = 0,95$

$K_1 = 2,495 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

$T_{m,N} = 27,78^\circ\text{C}$

B-

$T_{m,D} = 30,59^\circ\text{C}$

Simulação 36:

natural interna $\alpha = 0,60$ $\varepsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	c (J/kg °C)
pinho	0,020	0,150	500	2400

natural externa $\alpha = 0,60$ $\varepsilon = 0,95$

$K_1 = 3,297 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

B

$T_{m,N} = 28,01^\circ\text{C}$

D

$T_{m,D} = 33,97^\circ\text{C}$

Simulação 37:

natural interna $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c: (J/kg °C)
madeira média	0,008	0,150	600	1900
camada de ar	0,035	0,200	1	1000
madeira dura	0,008	0,200	800	1900

natural externa $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

$Kt = 2,450 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

$T_{m,N} = 27,71^\circ\text{C}$

D

$T_{m,D} = 32,67^\circ\text{C}$

Simulação 38:

natural interna $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m³)	c: (J/kg °C)
madeira média	0,008	0,150	600	1900
camada de ar c/ alumínio	0,035	0,100	1	1012
madeira dura	0,008	0,200	800	1900

natural externa $\alpha = 0,70 \quad \epsilon = 0,90$

$Kt = 1,303 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

$T_{m,N} = 27,68^\circ\text{C}$

D

$T_{m,D} = 32,13^\circ\text{C}$

Simulação 39:

natural interna $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

Parede	espessura (m)	λ : (W/m°C)	ρ : (kg/m³)	c : (J/kg °C)
madeira média	0,008	0,150	600	1900
poliuretano	0,035	0,023	24	1600
madeira dura	0,008	0,200	800	1900

natural externa $\alpha = 0,70$ $\epsilon = 0,90$

$K_t = 0,795 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

C-

$T_{m,N} = 27,65^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 31,80^\circ\text{C}$

Simulação 40:

pintura branca interna $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

Parede	espessura (m)	λ : (W/m°C)	ρ : (kg/m³)	c : (J/kg °C)
madeira média	0,008	0,150	600	1900
poliuretano	0,035	0,023	24	1600
madeira dura	0,008	0,200	800	1900

pintura branca externa $\alpha = 0,20$ $\epsilon = 0,95$

$K_t = 0,795 \text{ W/m}^2\text{°C}$



AVALIAÇÃO

A

C+

$T_{m,N} = 27,52^\circ\text{C}$

$T_{m,D} = 31,08^\circ\text{C}$

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com esta publicação dispõe-se agora de uma listagem dos parâmetros térmicos de todos os materiais de construção mais usuais em nosso meio, o que permite inferir o comportamento térmico das construções realizadas com estes materiais, seja por meio de cálculos diretos aproximados ou utilizando-os em programas comerciais de computação, para cálculo de desempenho térmico de prédios.

Como exemplo, as simulações apresentadas na Seção 7, feitas para situação de verão, cujos resultados permitem inferir que:

- 1) Os materiais de muita capacidade térmica (muita massa e grande calor específico) são mais adequados aos cômodos permanência diurna, enquanto que os de pouca capacidade térmica são mais indicados para os de ocupação noturna. Isto significa que o aspecto "ocupação" deveria merecer uma atenção maior do que muitas vezes lhe é dada, incluindo o cuidado de uma análise estatística para obras de grande vulto. Observe, por exemplo, as diferenças entre os resultados das simulações 10 e 27, com bom desempenho durante o dia, com os das 29 e 37, de melhor desempenho térmico noturno.
 - 2) O valor do Coeficiente Geral de Troca de Calor "K_t" de uma parede é uma indicação do seu desempenho térmico que deve, no entanto, ser complementado pela ordem de utilização dos materiais, o que se pode verificar pela diferença dos resultados apresentados pelas simulações 20 e 21 (Isopor por dentro, e por fora dos tijolos).
 - 3) A pintura clara, de preferência branca tem uma influencia maior do que pode parecer à primeira vista, principalmente em se tratando de material de grande capacidade térmica. Vale comparar os resultados das simulações 2 com 3, (tijolos furados) e 10 com 12 (tijolos maciços). A influencia da pintura é menor quando se utiliza material de baixa difusividade "a" (com maior isolamento térmico, comparar os resultados das simulações 39 e 40), e tanto menor quanto maior "a" (por exemplo, maior espessura do isolante).
 - 4) Com relação à inércia térmica cabe apontar que materiais com menor difusividade "a" devem ser colocados nas paredes mais castigadas pelo sol, para retardar a chegada da onda de temperatura, e que materiais com maior efusividade "b" serão posicionados nas paredes divisórias internas, sendo seu efeito o de diminuir a variação da temperatura do ar interior do cômodo.
- É interessante salientar, também, que um ambiente situado no andar térreo apresenta menor variação de temperatura, uma vez que o andar superior contribui para atenuar a influencia dos parâmetros climáticos aos quais esta sujeita a cobertura. Esta mesma vantagem é apresentada pelas paredes protegidas por muita vegetação ou obstáculos que interferem na chegada do sol.
- 5) A cor clara tem influencia quando utilizada pela face externa e também pela face interna, sendo a primeira, como seria previsível, muito mais importante que a segunda. (ver resultados das simulações 4 e 5). O comentário vale para pintura e também para materiais em sua cor natural (ver simulações 17 e 18).

6) Câmara de ar usada como isolante tem pouco efeito entre materiais de grande capacidade térmica. O desempenho de uma parede com tijolos furados de 20 cm é praticamente o mesmo do que o de duas paredes de 10 cm separadas por camada de ar (ver simulações 1, 23 e 24).

7) Câmaras de ar funcionam, no entanto, para separar duas camadas de materiais de menor capacidade térmica, como se pode verificar nas simulações feitas para argamassa armada e madeira. Vale acrescentar, que o efeito de material isolante como o poliuretano é ainda mais eficaz (comparar simulações 29, 30 e 37, 38, 39).

8) A introdução de uma folha de alumínio (que tem baixo coeficiente de emissão) na câmara de ar, ao contrário do que acontece quando se utiliza ar condicionado, não resiste a uma avaliação custo benefício (ver simulações 37 e 38).

9) A utilização de materiais isolantes é fortemente indicada para ambientes com climatização artificial. Porém, quando não se condiciona artificialmente o ar, o uso de materiais isolantes não pode ser indiscriminado. Deve ser lembrado que eles impedem o calor de entrar, mas também o impedem de sair. A solução mais adequada para seu uso e disposição, deve encontrar um equilíbrio entre os ganhos e as perdas de calor, visto que seu desempenho varia conforme as condições de uso, de ocupação, de ventilação do ambiente, de sombreamento das janelas, etc.

10) Verificou-se que, em situação de verão, a redução da ventilação natural diurna e o aumento da ventilação noturna, provocam uma redução da temperatura média interna, em qualquer período de ocupação. É interessante notar que a abertura de uma janela quando a temperatura exterior está mais alta que a interna, pode provocar, pela ventilação, um efeito agradável momentâneo, que irá prejudicar o conforto interno mais tarde, pela carga térmica acrescida ao ambiente. (*)

11) Consequentemente, percebe-se que a ventilação é um fator da maior importância para o melhoramento do conforto térmico, e que o usuário, sendo alertado para o fato, pode contribuir para seu próprio benefício, manuseando de forma adequada as aberturas de portas e janelas. Esta é também uma recomendação válida para ser lembrada em edifícios com ventilação controlada.

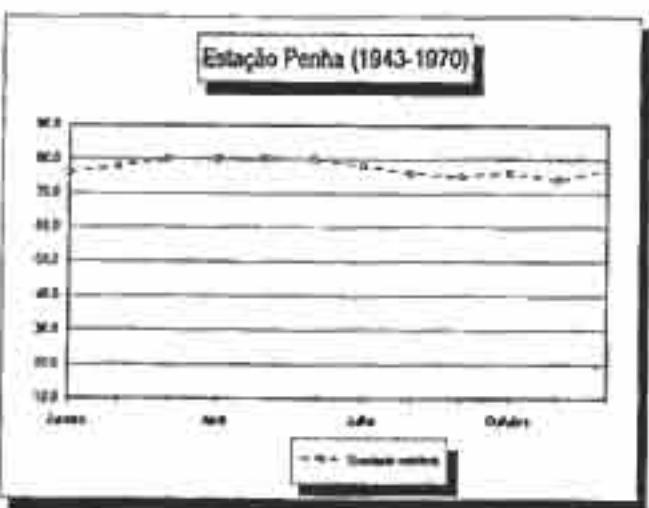
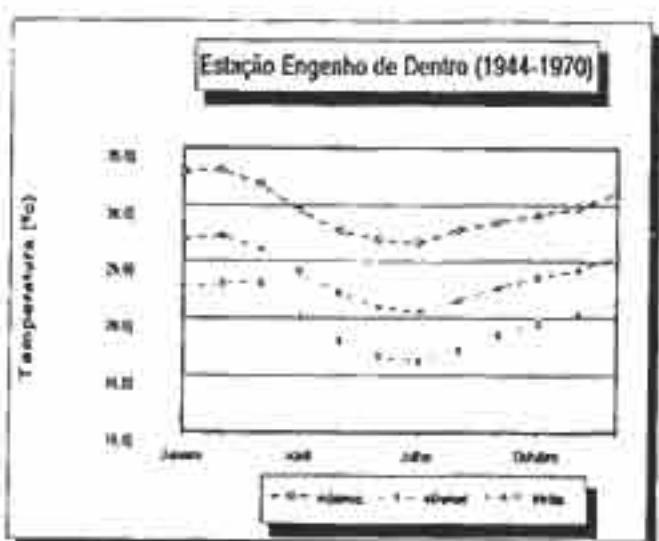
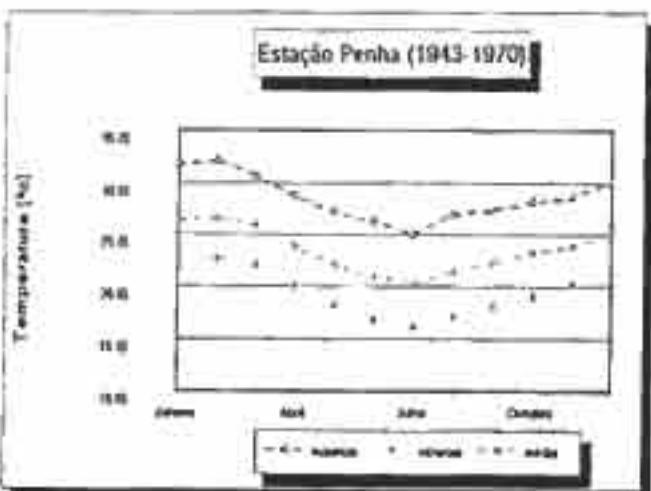
12) Somando-se a influência das cargas térmicas resultantes da reflexão em construções vizinhas, e do entorno ao ambiente construído às observações feitas sobre a importância da ventilação, não podemos concluir este trabalho, sem lembrar que uma arquitetura adequada ao clima necessita, por sua vez, de um urbanismo orientado neste sentido, por exemplo, que os arruamentos e taxas de ocupação permitam o livre fluxo dos ventos dominantes e a arborização das calçadas.

(*) Além das simulações apresentadas, foram feitas outras, com várias opções (diferentes taxas) de ventilação, e constatou-se, como era previsível, que esta redução acontece sempre, mas não na mesma proporção para todos os materiais, o que se explica pela diferente capacidade dos mesmos, de armazenar energia térmica. Em linhas gerais, no entanto, a qualificação apresentada não se alterou.

APÊNDICE I

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO TABELAS E GRÁFICOS DE DADOS CLIMÁTICOS

A3.1 ZONA NORTE



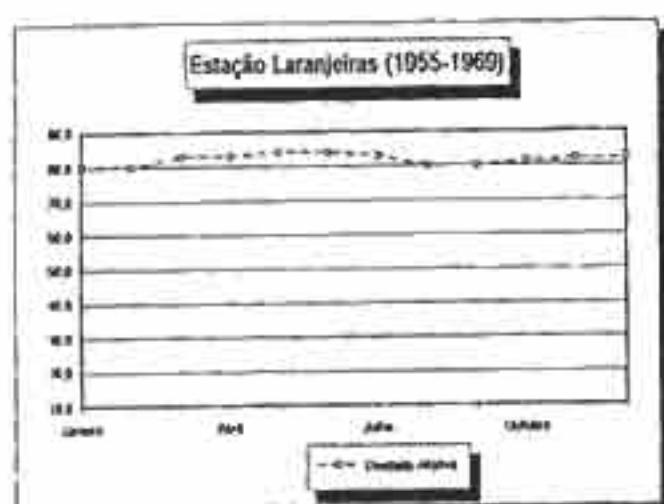
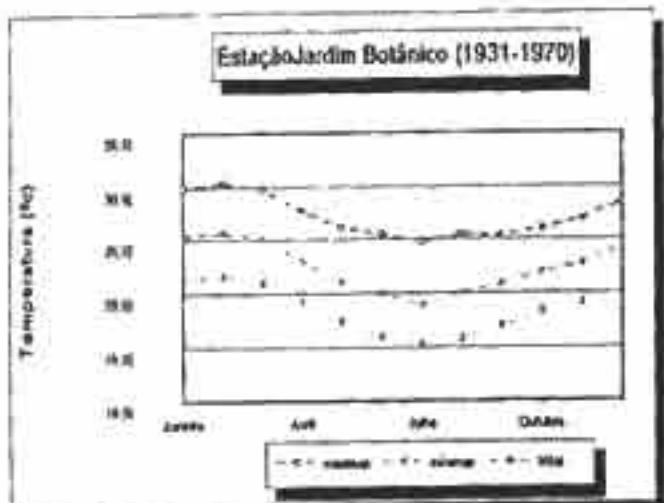
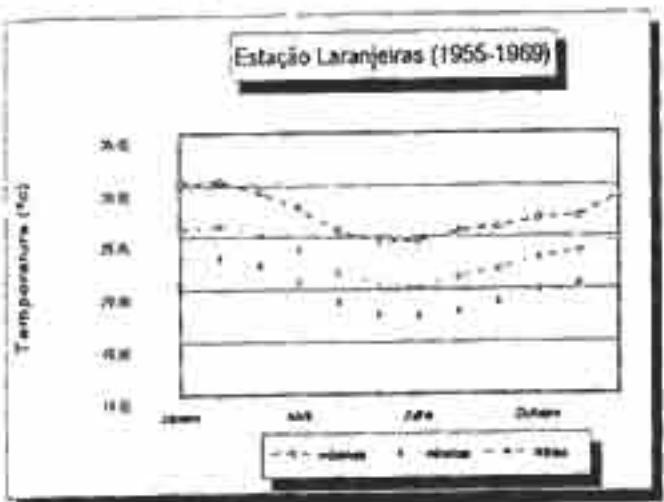
Zona Norte: As dificuldades encontradas pelas brisas litorâneas de chegar a esta parte da cidade, devido à posição dos maciços, a torna mais "abafada" que outras, situadas junto ao litoral. Os bairros de Cascadura, Méier, Engenho de Dentro, todos antigos "subúrbios" da Central, com grande concentração urbana, são os mais atingidos, apresentando uma média anual em torno dos 23,8 °C (Penha) e 23,4 °C (Engenho de Dentro) e a média das máximas em torno dos 31,3 °C (Penha) e 32,4°C (Engenho de Dentro), mostrando ser uma das regiões mais quentes da cidade, perdendo apenas para Bangu. A umidade relativa média anual é mais baixa que nas demais partes da cidade (com exceção também de Bangu), em torno dos 77%, e a poluição do ar bem alta, contribuindo a aumentar o desconforto térmico. As médias das mínimas durante o inverno também são razoavelmente altas, mostrando uma menor variação entre as temperaturas médias do verão e do inverno, já que estas mínimas ficam em 16,6 °C (Penha) e 16,7 °C (Engenho de dentro) e a umidade relativa também não varia muito durante o ano. Já a Tijuca e o Alto da Tijuca possuem um clima mais ameno devido a sua posição geográfica, mas não tanto quanto a dos bairros da Zona Sul e principalmente os da orla e dos maciços.

Estação Engenho de Dentro - Clima classificado como seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água pelo método de Thornthwaite.

Estações da Penha e Engenho de Dentro

- *Média das máximas no verão: 31,8 °C.
- *Média anual compensada: 23,6 °C.
- *Média das mínimas no inverno: 16,6 °C.
- *Umidade relativa anual média: 77%

A3.2.ZONA SUL



Zona Sul: é por onde entram as frentes polares que atingem o Estado, causando nesta data grandes variações térmicas e ventos de intensidade forte provenientes do sul. Nas condições normais é uma das áreas de melhor ventilação da cidade, principalmente em sua orla, devido as brisas de mar e terrestre que atingem esta parte da cidade durante todo o ano (durante o dia soprando da terra para o mar e durante a noite com direção inversa), com maior intensidade durante o verão. A temperatura média fica em torno dos 23,2 °C e a média das máximas durante o verão 29,8 °C, um valor expressivamente alto, que pode ser justificado levando-se em consideração o enorme crescimento urbano desta área da cidade, o qual, como já foi tratado na introdução, pode aumentar estes valores em até 1 °C (o que, tratando-se de médias, é um valor altamente relevante). Já a média das mínimas durante o inverno fica em torno de 17,6 °C, mostrando que existe uma grande variação térmica entre as estações extremas. A umidade relativa fica alta e sem grandes variações durante o ano todo, com média anual de 82%. Nos bairros diretamente afetados pelo relevo, como Jardim Botânico, a média das mínimas mostra um valor menor, 15,7 °C, o que também deve acontecer nas áreas próximas a orla.

Estação Ipanema - Clima classificado como úmido e subúmido com pequena ou nenhuma deficiência de água pelo método de Thornthwite.

Estações de Laranjeiras e Jardim Botânico

- *Média das máximas no verão: 29,8 °C.
- *Média anual compensada: 23,2 °C.
- *Média das mínimas no inverno: 17,6 °C.
- *Umidade relativa anual média: 83%

Estação Flamengo

Janeiro

Fevereiro

Março

Abril



Maio

Junho

Julho

Agosto



Setembro

Outubro

Novembro

Dezembro

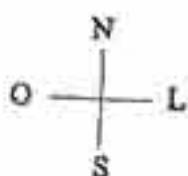


Ventos

 Diurno
 Noturno

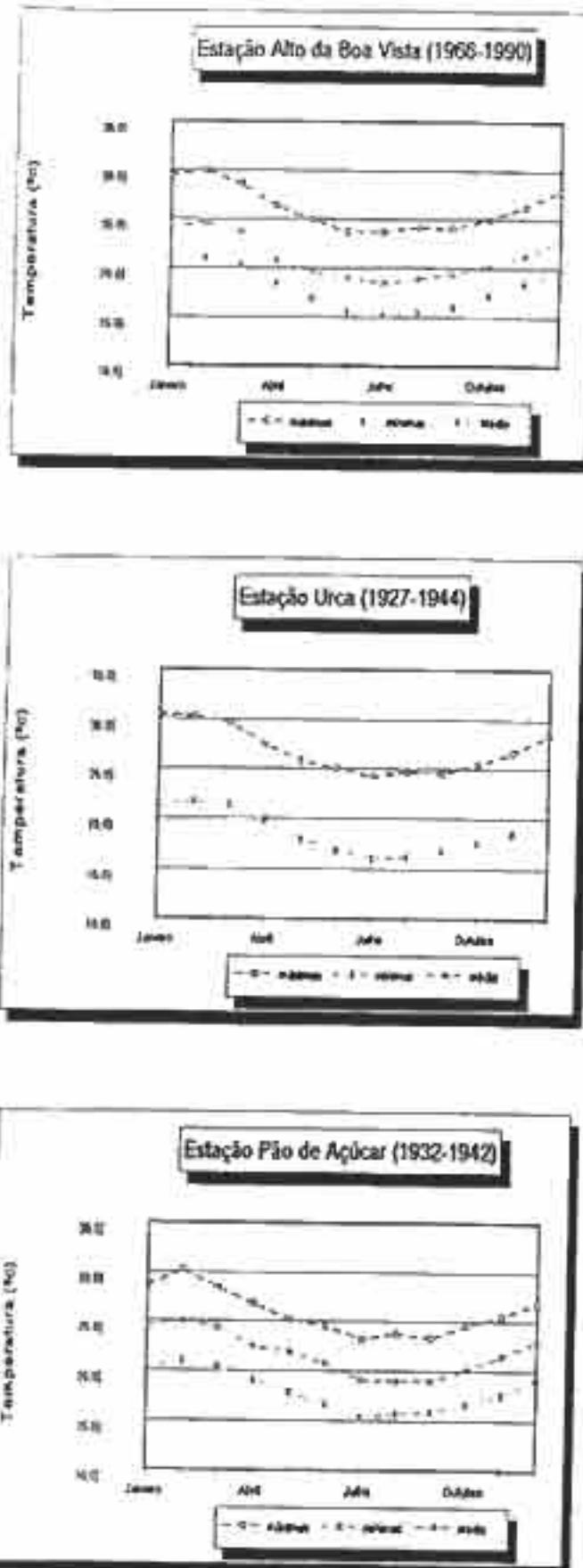
Cada milímetro medido a partir do centro do círculo corresponde a um dia de medições com vento predominante nesta direção.

% Percentagem de Calmaria

 Direção
(Indica a direção de origem do vento)


*Os dados da estação do Flamengo (1982-1991) possuem uma série consistente mas diferente das demais, com o vento medido em número de dias observados em uma determinada direção e sem informação de sua intensidade.

A3.3.MACIÇOS

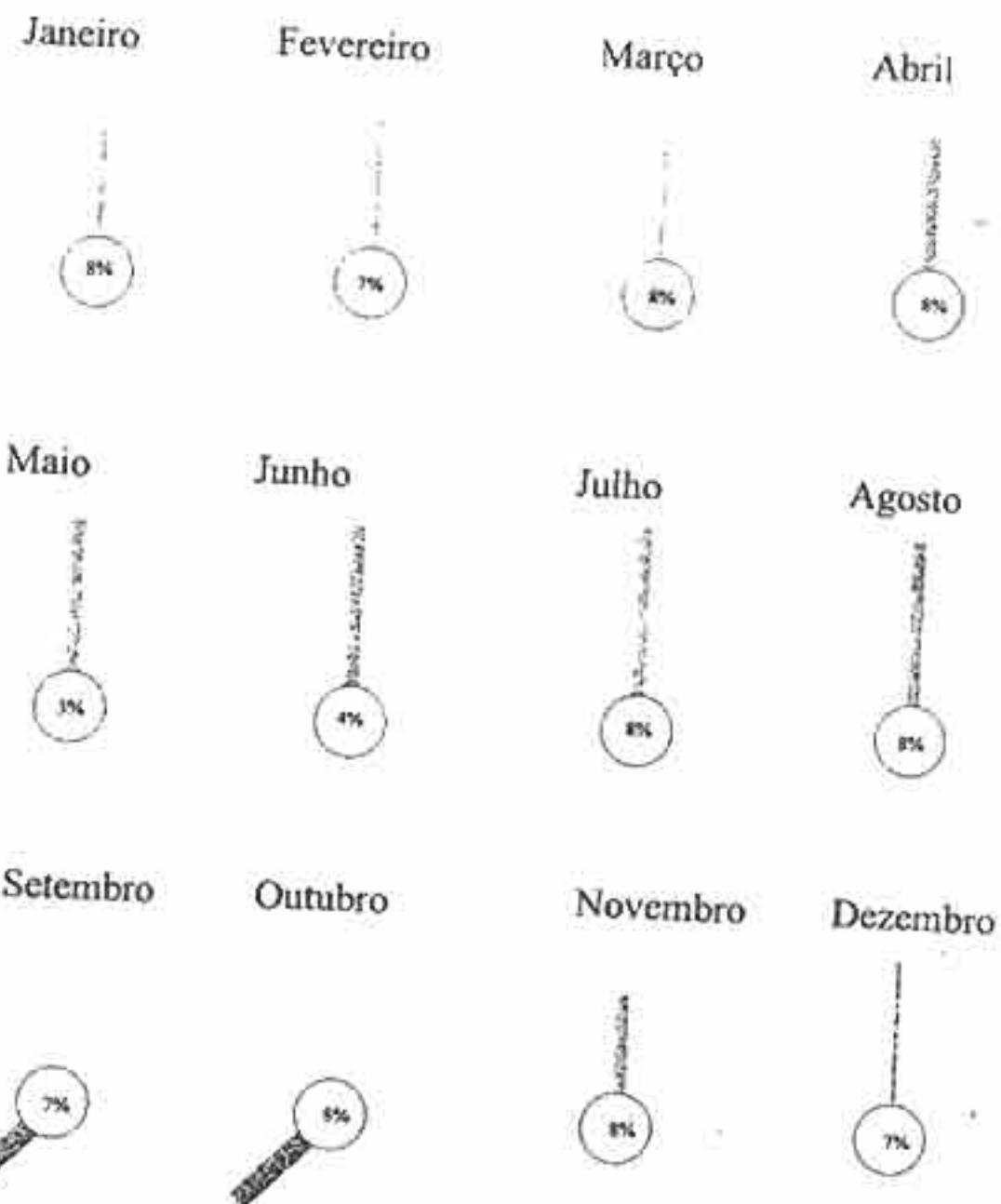


Maciços: Podem ser considerados como formando parte dos Maciços, os morros acima de 200m de altitude, tais como Morro dos Cabritos, Saudade, Babilônia, Corcovado, Urca e Pão de Açúcar, além do Alto da Boa Vista e os Maciços da Pedra Branca e Gericinó, que apresentam características climáticas semelhantes. Tal como foi colocado na Introdução deste trabalho, é nos maciços onde encontramos as temperaturas mais amenas da cidade. O rigor do verão é amenizado, sendo a média das máximas durante o verão em torno de 29,1°C (Alto da Boa Vista), 29,7°C (Urca) e 28,5°C (Pão de Açúcar). Dentro das características dos Maciços, podemos destacar as menores médias das mínimas durante o inverno na cidade, 15,4°C (Alto da Boa Vista), 16,4°C (Urca) e 15,8°C (Pão de Açúcar), e também as menores médias compensadas anuais, em torno dos 21,1°C (Alto da Boa Vista). Infelizmente nenhuma das extintas estações meteorológicas deste Maciços possuem dados completos de umidade relativa. Podemos supor porém, pelas características climáticas e geográficas dos maciços mostradas na Introdução, que a umidade relativa deve também apresentar valores anuais elevados com uma média em torno dos 80%.

Estações do Alto da Boa Vista, Urca e Pão de Açúcar.

- *Média das máximas no verão: 29,1 °C.
- *Média anual compensada: 21,2 °C.
- *Média das mínimas no inverno: 15,8 °C.

Estação Urca



Frequência
(% de incidência de vento nessa direção)

- 1ª Frequência
- 2ª Frequência

Cada centímetro medido a partir do centro do círculo corresponde a 10% de frequência com vento predominante nessa direção.

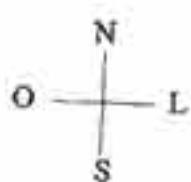


% Percentagem de Calmaria.

Velocidade

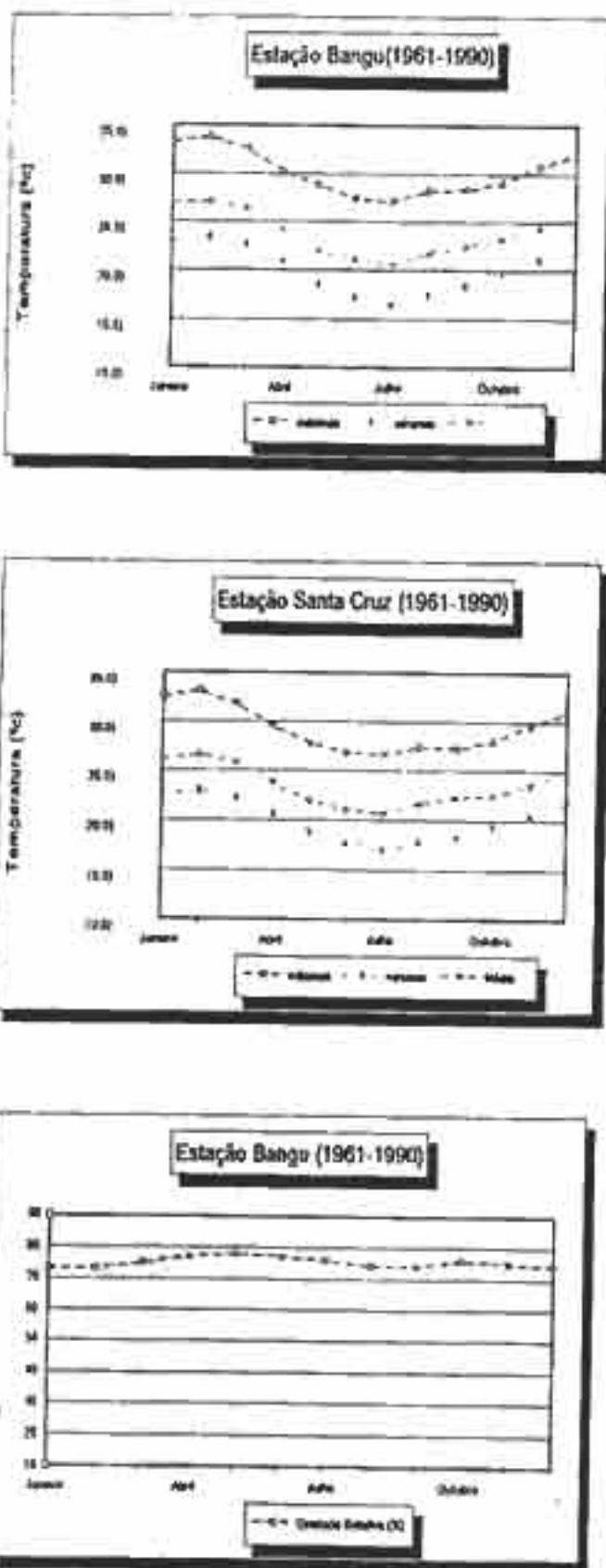
—	1 m/s
----	2 m/s
-----	3 m/s
-----	4 m/s
-----	5 m/s
-----	6 m/s

Direção
(Indica a direção de origem do vento)



Os dados desta estação foram registrados no período 1930-1942. Não existem registros horários que possibilitem sua separação em ventos diurnos e noturnos.

A3.4.BAIXADA DE SANTA CRUZ E BANGU



Baixada de Santa Cruz e Bangu: Com exceção da parte litorânea de Santa Cruz, o seu interior e a baixada de Bangu possuem características climáticas bem parecidas, com uma temperatura média anual de 23,8 °C para Bangu e 23,4°C para Santa Cruz e as maiores médias das máximas durante todo o ano da cidade, sendo a média das máximas observada durante o verão na estação Santa Cruz em torno dos 32,2°C e em Bangu em torno dos 33,0°C. A umidade relativa média anual em Bangu é a menor da cidade, aproximadamente 75%, o que pode ser explicado pela sua posição Geográfica localizada entre os Maciços da Pedra Branca Gericinó, causando situações climáticas desconfortáveis para a população, principalmente no verão. As freqüentes calmarias, geram estagnação do movimento de ar, causando a sensação de "abafamento" maior ainda que a dos bairros da Zona Norte estimulando também uma grande concentração de poluição. Já Santa Cruz também possui temperaturas elevadas e uma umidade relativa muito baixa com relação a outros bairros da cidade, mas em sua parte próxima ao litoral a mínima absoluta pode chegar a valores inferiores a 10°C, possui uma média das mínimas durante o inverno em torno dos 17,5°C, e em Bangu 17,0°C.

Estação Bangu - classificado como úmido e sub-úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água pelo método de Thornthwaite.

Estações de Bangu e Santa Cruz

- *Média das máximas no verão: 32,6 °C.
- *Média anual compensada: 23,6 °C.
- *Média das mínimas no inverno: 17,2 °C.
- *Umidade relativa anual média: 75%

Estação Santa Cruz

Janeiro

Fevereiro

Março

Abril



Maio

Junho

Julho

Agosto

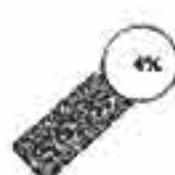


Setembro

Outubro

Novembro

Dezembro



Frequência
(% de incidência de vento nesta direção)

- 1^a Frequência
- 2^a Frequência

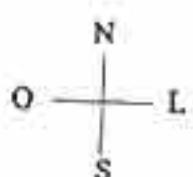
Cada centímetro medido a partir da origem corresponde a 10% de frequência com vento predominante nesta direção.

○ % Percentagem de Calmaria.

Velocidade

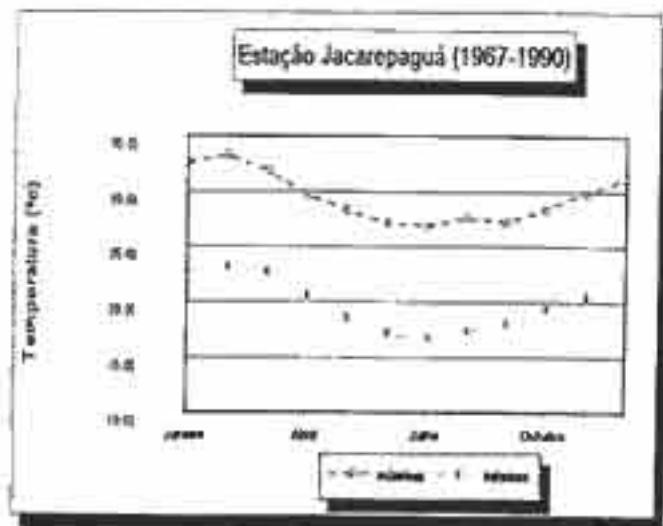
.....	3 m/s
.....	4 m/s
.....	5 m/s
.....	6 m/s

Direção
(Indica a direção de origem do vento)



Os dados desta estação foram registrados no período 1960-1978. Não existem registros horários que possibilitem sua separação em ventos diurnos e noturnos.

A3.5.BAIXADA DE JACAREPAGUÁ



Baixada de Jacarepaguá: Assim como a Zona Sul, apresenta uma significativa variação entre a região oceânica (Barra da Tijuca e vizinhanças) e o seu interior. Esta parte da cidade é uma das mais carentes em informações meteorológicas, contando apenas com dados extremos. A média das máximas durante o verão fica em torno dos 32,3 °C e a média das mínimas durante o inverno em torno dos 17,1 °C, assemelhando-se, em termos climatológicos com os bairros da zona norte, sendo que os bairros do interior da Baixada de Jacarepaguá possuem uma temperatura máxima média maior que as da estação da Penha e menor que as da estação do Engenho de Dentro.

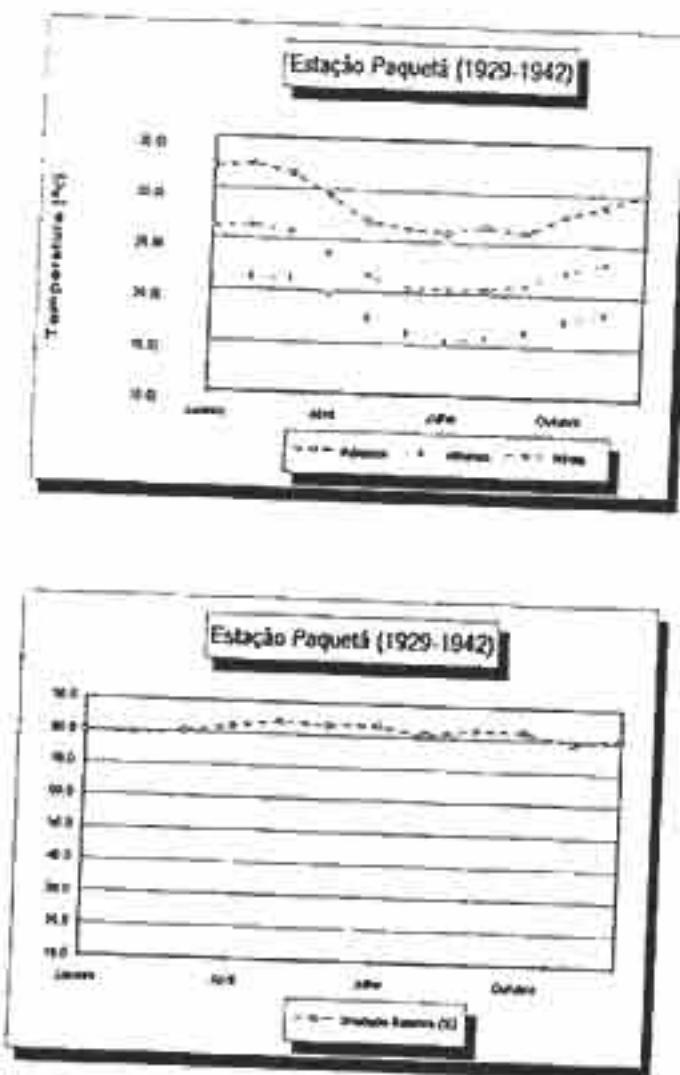
Os bairros próximos ao litoral e aos lagos possuem temperaturas mais amenas, devido principalmente as brisas do mar e terrestre e a que não há entradas de frentes frias polares nesta parte do litoral.

Estação Jacarepaguá

*Média das máximas no verão: 32,3 °C.

*Média das mínimas no inverno: 17,1 °C.

A3.6.ILHAS (PAQUETÁ E ILHA DO GOVERNADOR)



Ilhas (Paquetá e Ilha do Governador): A análise climatológica das ilhas da cidade do Rio de Janeiro, fica restrita a estas duas, devido a que só existem dados climatológicos nestes locais, sendo que os dados da Ilha do Governador apresentam séries confiáveis apenas no que diz respeito à ventos. Estas ilhas, apesar de sua posição privilegiada junto ao oceano, possuem temperaturas bem elevadas durante o verão (média das máximas no verão em Paquetá 31,6 °C) e uma média compensada anual de 23,4 °C, valores que podem ser comparados inclusive com os dados da zona norte. Estas temperaturas elevadas são devido a sua posição ao fundo da baía, conferindo-lhes um caráter quase continental. A proximidade com o mar se faz sentir na elevada umidade relativa média anual, em torno dos 81,3%, e na temperatura média das mínimas durante o inverno, aproximadamente 15,7 °C, assemelhando-se com as demais localidades próximas ao mar, como na orla da Zona Sul e orla da Baixada de Jacarepaguá, mas com um inverno um pouco mais rigoroso.

Estação Paquetá

- *Média das máximas no verão: 31,6 °C.
- *Média anual compensada: 23,4 °C.
- *Média das mínimas no inverno: 15,7 °C.
- *Umidade relativa anual média: 81%

Os dados citados no texto se referem somente à estação de Paquetá.

Estação Cepel (Ilha do Fundão)

Janeiro

Fevereiro

Março

Abril



Maio

Junho

Julho

Agosto



Setembro

Outubro

Novembro

Dezembro



Ventos

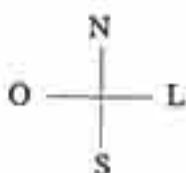
Diurno
Noturno

Cada milímetro medido a partir do centro do círculo corresponde a um dia de medições com vento predominante nessa direção.

Velocidade

	1 m/s
	2 m/s
	3 m/s

Direção
(Indica a direção de origem do vento)



Os dados desta estação foram registrados no período 1982-1996. Apesar de que os registros são efetuados de 1 em 10 minutos, a informação subministrada é a média diurna e a noturna, e não as frequências diurnas e noturnas, que seriam mais úteis para o projeto arquitetônico bioclimático.

Estação Paquetá

Janeiro

Fevereiro

Março

Abril



Maio

Junho

Julho

Agosto



Setembro

Outubro

Novembro

Dezembro



Frequência
(% de incidência de vento nessa direção)

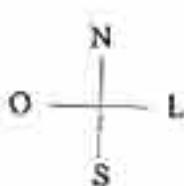
- 1ª Frequência
- 2ª Frequência

Cada centímetro medido a partir do centro do círculo corresponde a 10% de frequência com vento predominante nessa direção.

Velocidade

- 1 m/s
- 2 m/s
- 3 m/s
- 4 m/s
- 5 m/s

Direção
(Indica a direção de origem do vento)



○ % Percentagem de Calmaria.

Os dados desta estação foram registrados no período 1945-1957. Não existem registros horários que possibilitem sua separação em ventos diurnos e noturnos.

**MÉDIAS MENSais DE
HORAS DE BRILHO SOLAR "n"
E DE
RADIAÇÃO SOLAR EM PLANO HORIZONTAL "H"
CONSOLIDADAS NO PERÍODO 1978-1989 (Ref. 27)**

	Horas de sol h/dia		Radiação Solar kj/m ² dia		Radiação Solar kWh/m ² dia				
	N	n	H _o	H	H _o	H	H _{máx.}	H _{máx.} abs	
JAN	13,23	6,02	41802,67	20758,32	11,61	5,77	8,52	9,09	
FEV	12,76	6,79	39573,61	21374,13	10,99	5,94	8,01	9,06	
MAR	12,14	6,29	35467,83	19094,15	9,85	5,30	7,54	8,33	
ABR	11,46	5,60	29873,35	15279,19	8,30	4,24	6,18	6,57	
MAI	10,90	5,46	24866,09	13063,62	6,91	3,63	5,17	5,74	
JUN	10,62	5,49	22405,12	12189,04	6,22	3,39	4,82	6,05	
JUL	10,75	5,74	23446,70	12689,71	6,51	3,52	4,85	5,86	
AGO	11,23	5,70	27618,03	14081,20	7,67	3,91	5,82	7,18	
SET	11,90	4,40	33134,15	14455,48	9,20	4,02	6,56	8,27	
OUT	12,58	5,12	38027,14	17465,29	10,56	4,85	7,53	8,13	
NOV	13,13	5,56	41079,39	19465,51	11,41	5,41	8,25	8,74	
DEZ	13,39	5,27	42255,82	19315,02	11,74	5,37	8,35	8,89	
	n média =		5,62	H média =		16602,55	H média =		4,61

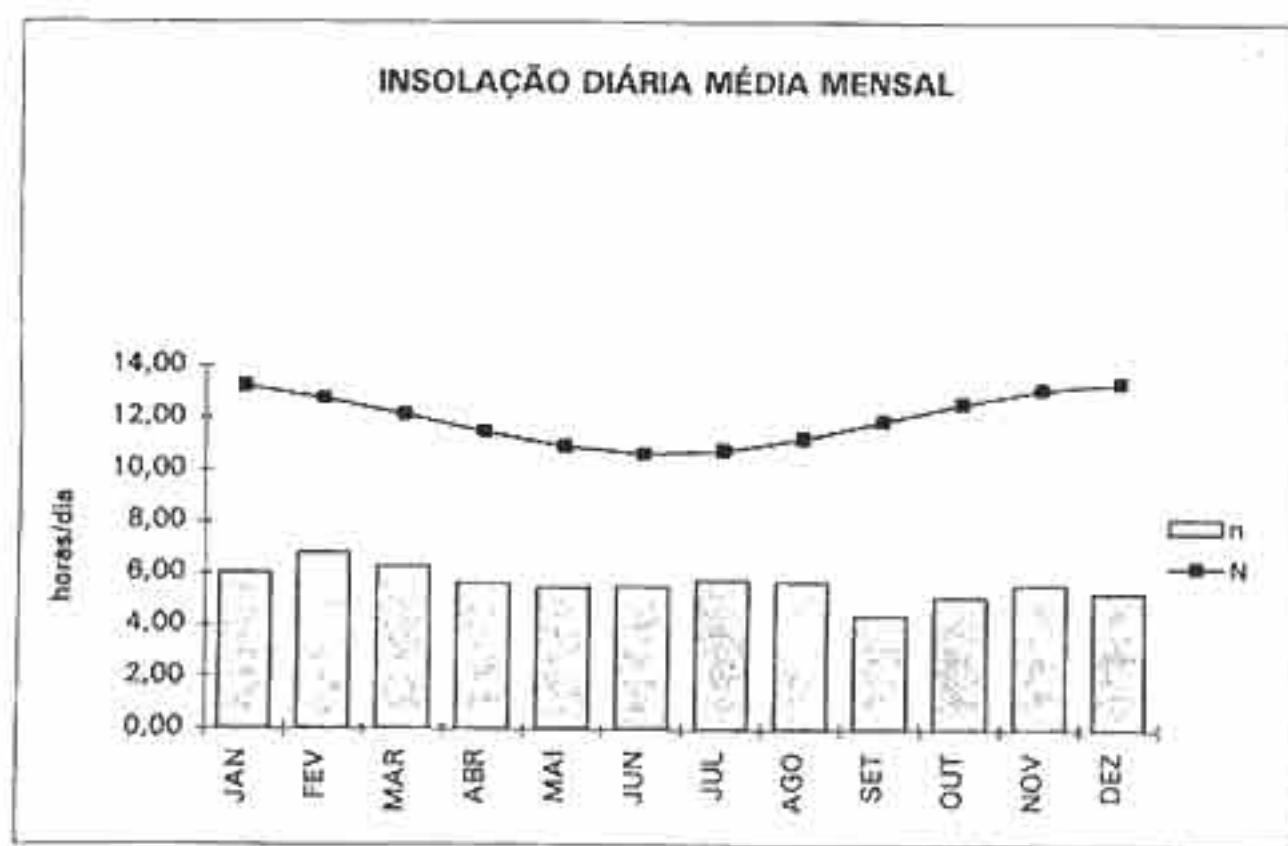
Médias Anuais

$$n \text{ (m.a.)} = 2046 \text{ h/ano} \quad H \text{ (m.a.)} = 6050,12 \text{ MJ/m}^2\text{ano} = 1680,59 \text{ kWh/m}^2\text{ano}$$

onde: N = número máximo teórico de horas de brilho solar, média mensal.

Ho = energia solar diária no topo da atmosfera, média mensal, sobre plano horizontal.

INSOLAÇÃO DIÁRIA MÉDIA MENSAL

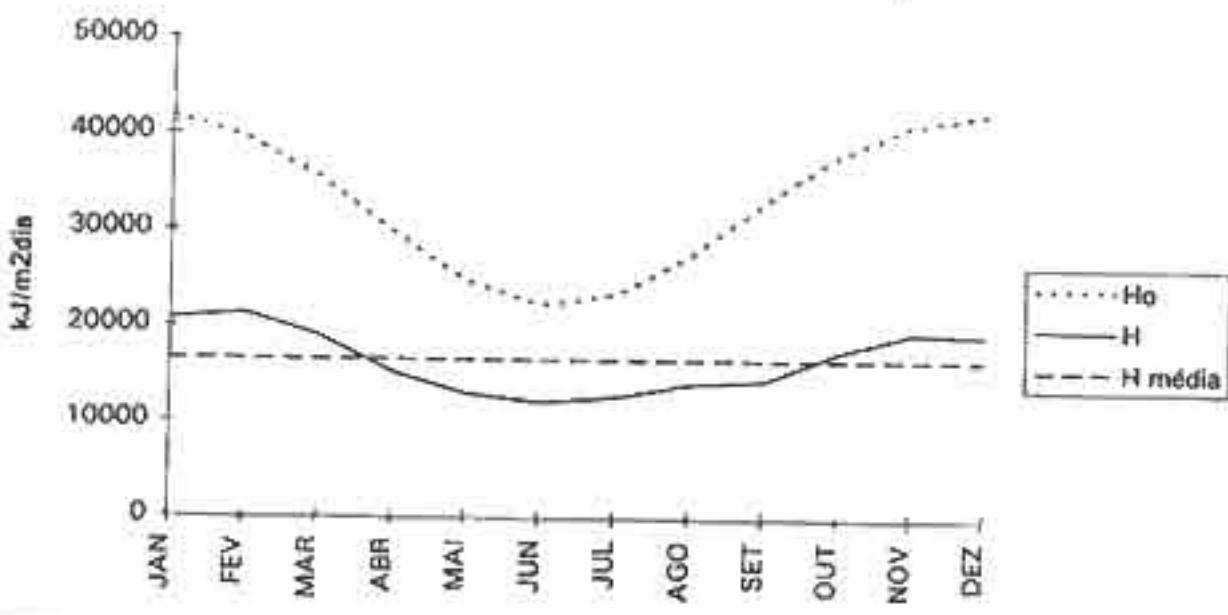


APÉNDICE 2

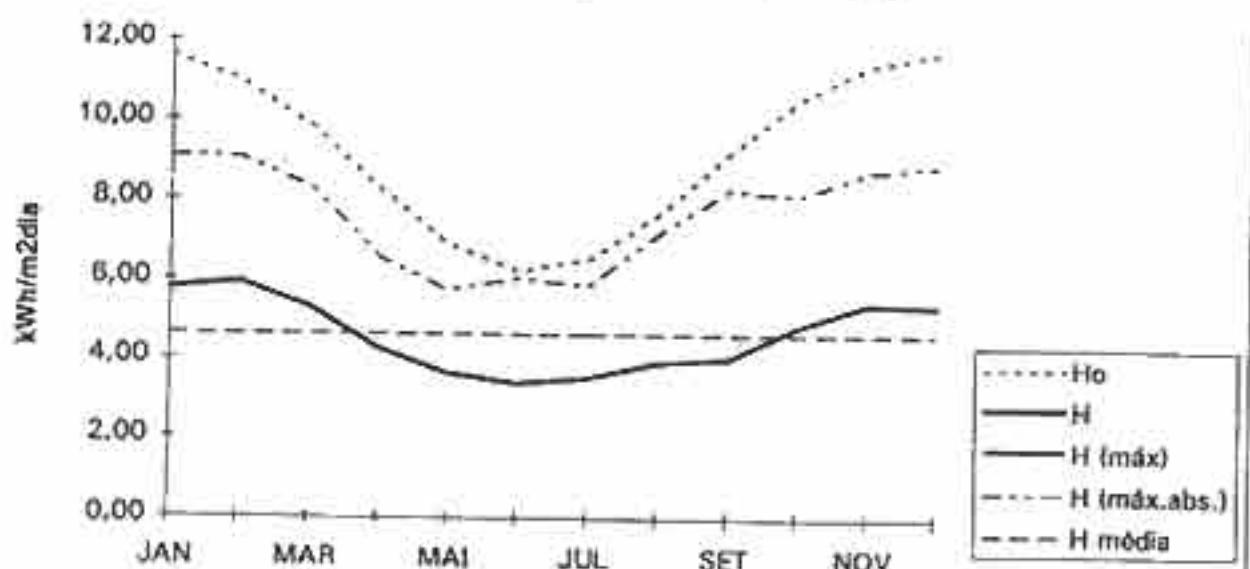
SÍMBOLOS, UNIDADES, EQUIVALENCIAS

E TABLAS AUXILIARES

ENERGIA SOLAR MÉDIA MENSAL NO RIO DE JANEIRO
 (consolidada no período 1978 - 1989)



ENERGIA SOLAR MÉDIA MENSAL NO RIO DE JANEIRO
 (consolidada no período 1978 - 1989)



SÍMBOLOS, UNIDADES E EQUIVALENCIAS

UNIDADES - Do Sistema Internacional

<i>Grandeza</i>	<i>Unidade</i>	<i>Símbolo</i>
Comprimento	metro	m
Superfície	metro quadrado	m^2
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Força	newton	N (= kg.m/s ²)
Trabalho, energia ou calor	joule	J (= N.m)
Potência	watt	W (= J/s)
Temperatura	grau absoluto ou Kelvin	K

Prefixos decimais em uso para múltiplos ou submúltiplos das unidades

<i>Prefixo</i>	<i>Fator n de 10ⁿ</i>	<i>Símbolo</i>
tera	12	T
giga	9	G
mega	6	M
quilo	3	k
hecto	2	h
deca	1	da
deci	-1	d
centi	-2	c
milli	-3	m
micro	-6	μ
nano	-9	n

Outras unidades de uso comum

<i>Grandeza...</i>	<i>Unidade</i>	<i>Símbolo</i>
Comprimento	polegada	pol. (in.)
	pé	pé (ft.)
	milha	milha (mile)
Superfície	polegada quadrada	pol^2
	pé quadrado	$pé^2$
Massa	libra	lb
Tempo	hora	h
	mês	mês
	ano	ano
Força	quilograma-força	kg _f
	libra-força	lb _f
	tonelada	Ton.
Trabalho, energia ou calor	quilowatt-hora	kWh
	caloria	cal
	kilocaloria	kcal
	British thermal units	Btu
Potência ou Transferência de energia	kilocaloria/hora	kcal/h
	horse-power	HP
	Btu/hora	Btu/h
Temperatura	grau Centígrado	°C
	grau Fahrenheit	°F

CONVERSÃO DE UNIDADES

Comprimento

1 pol = 0,02544 m
1 pé = 0,3048 m
1 milha = 1,609 km

Área

1 pé² = 0,0929 m²
1 pol² = 0,0006452 m²
1 hectare = 10⁴ m²
1 km² = 100 hectare

Volume

1 litro = 10⁻³ m³
1 pé³ = 0,02832 m³

Massa

1lb = 0,4536 kg

Pressão

1 bar = 10⁵ Pa = 760 mmHg
1 psi = 6,89476 kPa
1 mmH₂O = 9,81 Pa
1 mmHg = 1 torr
1 atm. = 101,325 Pa
1 Pa (Pascal) = 1 N/m²

Força

1kg_f = 9,81 N
1lb_f = 4,44822 N

Energia

1 kWh = 3,6 MJ
1 kWh = 860 kcal
1 Btu = 1,055 kj = 252 cal
1 kcal = 4,1868 kj

Potência ou Transferência de energia

1 cal/s = 4,1868 W
1 kcal/h = 1,163 W
1 Btu/h = 0,293 W
1 HP = 746 W
1 ton refrig. = 3,517 kW
1 met = 50 kcal/h/m² = 58,2 W/m²

Temperatura (relação entre graus Kelvin, centígrados e Fahrenheit)

Temperatura em K (grau Kelvin) = Temperatura em °C + 273

Conhecendo X °F, se pode calcular Y °C = 5 · X °F / 9 - 32

Conhecendo Z °C, se pode calcular W °F = 9 · Z °C / 5 + 32

VALORES DA RESISTÊNCIA TÉRMICA OFERECIDA PELA ROUPA (*)

Os valores estão dados na unidade de resistência da roupa chamada de "Clo"

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

Valores de peças individuais

Para Mulheres	Para Homens
Calcinha e soutien	0,05
Meia-calça	0,01
Corpete	0,04
Anáguas leve	0,13
Blusa leve sem mangas	0,14
Blusa leve com mangas	0,20
Vestido leve	0,17
Vestido pesado	0,63
Saia pesada	0,22
Saia	0,13
Mini-saia	0,06
Cuecas	0,05
Meias	0,03
Meias de lã	0,04
Camiseta sem mangas	0,06
Camisa leve mangas curtas	0,14
Camisa leve mangas compridas	0,19
Camisa pesada mangas curtas	0,25
Camisa pesada mangas compridas	0,29
Paletó de verão	0,32
Paletó de inverno	0,49
Gravata	0,20

Ambos os sexos

Camiseta (T-shirt)	0,09	Shorts	0,06
Calça leve	0,26	Calça pesada	0,36
Sweater leve	0,17	Sweater pesado	0,37
Saída de banho (ou Robe)	0,31	Pijamas de verão	0,20
Sandálias	0,02	Sapatos	0,04
Corpete ginástica (ou blusão)	0,20	Calças ginástica	0,15
Cassação	0,49	Botas	0,10

Valores indicativos para Conjuntos

Conjunto tropical para verão (cueca, short, camisa leve manga curta aberta no colo, sandália)	0,3
Conjunto desportivo (cueca, calças leves, camisa leve manga curta aberta no colo, sapatos, meias)	0,5
Traje de verão (cueca, calça e paletó leves, camisa mangas compridas, gravata, meias, sapatos)	0,8
Traje de inverno brasileiro (idem anterior com calça e paletós mais pesados, colete e camiseta)	1,0
Traje de inverno europeu	1,5
Idem com sobretudo, guantes e chapéu	2,0

(*) Os valores foram tomados das referências 28, 29 e 30.

**INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE NA ENERGIA TÉRMICA DISSIPADA
POR UMA PESSOA, POR METRO QUADRADO DE PELE. (*)**

		W/m ²	met (**)
	Em repouso		
Dormindo		40	0,7
Reclinado, relaxado		45	0,8
Sentado, quieto		60	1,0
Parado, relaxado		70	1,2
Parado, em alerta		80	1,4
	Caminhando, ou correndo, em plano horizontal		
a 3 km/h	(a 0,83 m/s)	110	1,9
a 5 km/h	(a 1,34 m/s)	165	2,8
a 7 km/h	(a 1,94 m/s)	240	4,1
a 9 km/h	(a 2,50 m/s)	340	5,9
	Atividades de escritório		
Lendo, sentado		55	0,9
Escrevendo		60	1,0
Batendo a máquina		65	1,1
Ordenando papéis, sentado		70	1,2
Ordenando papéis, sentado		80	1,4
Ordenando papéis, sentado		100	1,7
Distribuindo pacotes ou empacotando		120	2,1
	Dirigindo		
Carro		60-115	1,0-2,0
Avião, rotina		70	1,2
Avião, com instrumentos		105	1,8
Avião, em combate		140	2,4
Veículo pesado		185	3,2
	Atividades várias, trabalho		
Cozinhando		95-115	1,6-2,0
Limpando a casa		115-200	2,0-3,4
Sentado, com movimento dos membros		130	2,2
Trabalho com uma máquina			
Serrando uma tábua		105	1,8
Leve (indústria elétrica)		115-140	2,0-2,4
Pesado		235	4,1
Segurando pacotes de 50 kg		235	4,1
Quebrando e empurrando pedras		235-280	4,0-4,8
	Atividades várias, lazer		
Dançando, social		140-255	2,4-4,4
Ginástica leve		175-235	3,0-4,0
Tênis, single		210-270	3,6-4,0
Basquete		290-440	5,0-7,6
Luta, competitiva		410-505	7,0-8,7

Superfície da pele de uma pessoa = $0,202 \times (\text{seu peso em kg.})^{0,425} \times (\text{sua altura em m.})^{0,725}$
(Área de Dubois, o resultado é em m², ref. 27)

(*) Valores adaptados das referências 21 e 31.

(**) 1 met = 50 kcal/h/m² = 58,2 W/m²

APÊNDICE 3

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DOS DADOS APRESENTADOS

- 1 - IPT - Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares. Pub. No. 1732, São Paulo, 1987.
- 2 - Normas IRAM-Inst. Argentino de Racionalización de Materiais. Buenos Aires, 1987.
- 3 - TIM - Manual Termotécnico. Gosenergoisdat, URSS, Moscou, 1957
- 4 - ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Handbook of Fundamentals. Waverly Press, USA, 1990
- 5 - CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment Regles de Calcul: Th -K77, Cahier 2096, CSTB, Paris, 1986.
- 6 - Rivero, R., Arquitetura e Clima. Ed. Luzzatto, Porto Alegre, 1985.
- 7 - IHVE Guide. Institution of Heating and Ventilating Engineers, London, 1970.
- 8 - Centre D'Energetique - Ecole des Mines de Paris, CASAMO CLIM: Manual d'utilisation e Cahier Scientifique. EMP, 1990.
- 9 - Catálogos dos Fabricantes.
- 10 - Holman, J.P.. Transfertência de Calor. McGraw Hill, São Paulo, 1983.
- 11 - CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction, Cahier general des Charges, Fasc. 18: Isolation Thermique. Bruxelles, 1973.
- 12 - Puppo, E. e Puppo, G. - Acondicionamiento Natural y Arquitectura. Ed. Marconbo, S. A., Barcelona, 1971.
- 13 - Zöld, A. e Szokolay, S. V., Thermal Insulation. PLEA Notes -PLEA (Passive and Low Energy Architecture) International Organization, Brisbane, 1997.
- 14 - Diamant, R.M.E., Insulation of Buildings. IILIFFE Bo. Ltd., London, 1965.
- 15 - British Standards, CIBS Guide. Chatered Institute of Building Services, UK.
- 16 - Van Straaten, J.F., Thermal Performance of Buildings. Elsevier, Amsterdam, 1967.
- 17 - Erkert, E.R.G. e Drake, R.M., Heat and Mass Transfer McGraw-Hill, 1959.
- 18 - Kreith, F., Princípios da Transmissão de Calor. Ed. Blücher Ltd., São Paulo, 1977.
- 19 - Gomes, R. J., Condicionamentos Climáticos da Envolvente dos Edifícios para Habitação. LANEC, Memória N. 181, Lisboa, 1962.
- 20 - Isard, J.-L. e Guyot, A., Arquitectura Bioclimática, Ed. G. Gilli, Barcelona, 1980.
- 21 - Goulding, J.R., Owen Lewis, J. e Steemers, T.C. (Ed.), Energy in Architecture The European Passive Solar Handbook. C. C. E., Batsford Lim., London, 1994.
- 22 - Königsberger, O. et alii, Vivienda y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales. Ed. Paraninfo, Madrid, 1977.
- 23 - Anderson, B.N., S.E.: Fundamental in Building Design, McGraw Hill, N.Y., 1977.
- 24 - Sato, N., Modelo para Cálculo de Temperaturas e Fluxos de Calor em Coberturas. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1983.
- 25 - Olgyay, V., Design with Climate. Princeton Univ. Press, N.J., 1973.
- 26 - Steigenhaus, C. R. - "Paredes, Conforto Higrotérmico, Edificações. Ponderações e Propostas para Clima Tropical Úmido em Situação de Verão". Dissertação de Mestrado, Curso de Mestrado em Arquitetura, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, dezembro de 1993.
- 27 - Corbella, O.D., Dados Consolidados de Radiação Solar e Horas de Brilho Solar para o Rio de Janeiro. Cadernos de Geociências do IBGE, N. 16, 1998.
- 28 - Butera, F., Principles of Bioclimatic Architecture in Hot Climate. Proc. of the Workshop on Interaction between Physics and Environment Conscious Architecture II, ICTP, 1989. Butera, F., Corbella, O. D. e De Carli, A. (Editores) ENEA, Roma, 1990.
- 29 - ASHRAE, Thermal Environment Conditions for Human Occupancy. Standard 55-1981, USA, (1981).
- 30 - ISO, Thermal characteristics of a clothing ensemble - ISO DP 9920, ISO (1987)
- 31 - ISO, Determination of metabolic rate - ISO DIS 8996, ISO (1987).

APÉNDICE 4

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

Bibliografia geral, livros e anais de conferências, sobre aspectos térmicos em arquitetura bioclimática

- ANTAC - Anais dos quatro Encontros Nacionais de Conforto no Ambiente Construído.
- Butera, Federico, Corbella, Oscar D. e Yannas, Simos (Editores) Interaction between Physics and Environment Conscious Architecture I, ICTP, 1987. em Solar and Wind Tech., Vol6, No. 4, 1989.
- Butera, Federico, Corbella, Oscar D. e De Carli, Ana (Editores) Interaction between Physics and Environment Conscious Architecture II, ICTP, 1989. Anais publicados por ENEA, Roma, 1990.
- Evans, J. Martin e de Schiller, Silvia, Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar, SEP No9, FAU/UBA, EUDEBA, Buenos Aires, 1988.
- Givoni, Baruch - Man, Climate and Architecture. Applied Science Pu. Ltda, London, 1976.
- Givoni, Baruch - Pasive and Low Energy Cooling of Building. Van Nostrand Reinhold, N.Y., 1994.
- Goulding, John R., Owen Lewis, J. e Steemers, Theo C. (Editores)- Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook, Bastford, London, 1992.
- Izard e Guyot - Arquitetura Bioclimática , Ed. Gilli, 1980.
- Markus, Thomas A. e Morris, E. N. , Buildings, Climate and Energy, Pitman Pu. Ltd., London, 1980.
- Olgyay, Victor - Design with Climate. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J., 1963.
- PLEA - Anais das Conferencias Internacionais da Organização PLEA (Passive and Low Energy Architecture). Um volume a cada ano de 1984 até 1997.
- Puppo, Ernesto e Puppo, Giorgio A., Acondicionamiento Natural y Arquitectura, Ed. M-Boixaréu, Barcelona, 1979.
- Rivero, Roberto - Arquitetura e Clima. Luzzatto Ed. Porto Alegre, 1985.
- Serra i Florenza, Rafael , Clima, Lugar y Arquitectura, CIEMAT, Madrid, 1989.
- Yannas, Simos - Solar Energy and Housing Design. Vol. 1: Principles, Objectives, Guidelines. Vol.2; Examples. AASA Publications, London, 1994.