



## DIRETRIZES DE PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE PRÉDIOS ESCOLARES EM TERESINA/PI

A L Silveira; M A Romero

Universidade Federal do Piauí/Centro de Tecnologia/Deptº Const. Civil e Arquitetura

Campus Ininga – Teresina – Piauí

Universidade de Brasília/Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/ICC Norte – Campus Universitário – 70910-900 – Brasília – DF

e-mail: [c\\_silveira@uol.com.br](mailto:c_silveira@uol.com.br), [romero@guarany.cpd.unb.br](mailto:romero@guarany.cpd.unb.br)

**RESUMO** Os prédios escolares projetados em desacordo com o clima da região e sem atender às exigências relativas ao conforto térmico geram espaços escolares desconfortáveis, que prejudicam o desempenho dos alunos e as atividades escolares. O emprego dos princípios da arquitetura bioclimática é indispensável nos prédios escolares, considerando-se que a climatização natural é o recurso utilizado para obtenção de conforto térmico. Com suporte na revisão bibliográfica sobre a arquitetura bioclimática e na análise do desempenho térmico de escolas em Teresina, foram propostas as diretrizes de projeto para construção de prédios escolares no município. Essas diretrizes de projeto incluem indicações sobre: o sítio; o prédio escolar e suas características; e os elementos que constituem o edifício, como as paredes, a cobertura, as aberturas, os protetores solares e o pé-direito dos ambientes.

**ABSTRACT** This work proposes designing guidelines for the construction of school buildings in agreement with the climate of Teresina/PI..The natural climatization is the only resource used in public schools to provide comfortable spaces however, it is necessary the utilization of the bioclimatic architecture principles in the school building design. In the designing guidelines are included indications about the building site, the school building characteristics and the elements that make part of the building, such as the walls, the roof, the openings and the sun protectors. The fulfillment of the characteristics prior mentioned will provide thermic comfortable spaces, appropriated for the development of educational activities.

### 1 Introdução

Neste trabalho, buscamos o estabelecimento de diretrizes de projeto para a construção de prédios escolares adequados ao clima de Teresina, procurando verificar quais as

melhores soluções arquitetônicas para o projeto de escolas, de maneira a proporcionar ambientes termicamente confortáveis, sem a utilização da climatização artificial.

O conceito de arquitetura bioclimática deve ser resgatado e utilizado nas construções escolares, na medida em que procura estabelecer as melhores condições ambientais para o desenvolvimento das atividades humanas, adaptando os edifícios ao lugar e causando o menor impacto possível ao meio ambiente. . Foram estudados diversos autores que tratam do enfoque bioclimático na arquitetura, como Olgay (1963), Koenigsberger (1977), Rivero (1986), Romero (1988) e Givoni (1997).

O processo de construção de um edifício, sob o enfoque bioclimático, envolve o conhecimento dos dados climáticos do local, da avaliação das necessidades humanas em relação ao conforto ambiental, das soluções tecnológicas que devem tirar partido das condições desejáveis e interceptar as indesejáveis, através do estudo do sítio escolhido, da orientação solar, do sombreamento, das formas dos edifícios, do movimento do ar e do balanço da temperatura interna. Por fim, a análise de todos estes dados leva a soluções arquitetônicas adequadas ao local.

## **2 O clima de Teresina e as exigências de conforto para a região**

Teresina situa-se a 5° 05' de latitude sul e a 42°49'W de longitude. Com altitude média de 72 m, ocupa uma área entre dois rios, o Parnaíba e o Poti, considerada de grande depressão em relação ao relevo regional. De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Teresina é tropical chuvoso (Aw), com inverno seco e verão chuvoso, apresentando características climáticas diferentes, conforme a época do ano.

A análise dos dados climáticos de Teresina indica que durante os meses de janeiro a maio o clima de Teresina apresenta-se quente-úmido, com temperaturas médias entre 22 e 32°C, umidade relativa do ar em torno de 85% e precipitações acima de 200mm ao mês, de janeiro a abril. Entre os meses de julho a novembro as temperaturas médias máximas são mais elevadas, atingindo de 35 a 36° C, a umidade relativa média é de 60 a 55% e praticamente não chove.

A temperatura média anual é de 27,8° C, com pequena amplitude térmica anual (apenas 3° C). As amplitudes térmicas diárias durante o período seco são elevadas, podendo atingir até 20° C. Os ventos são fracos, com velocidade média anual de 1,4m/s e direção predominante sudeste; a presença de calmarias é elevada, de 40 a 60% das horas do dia.

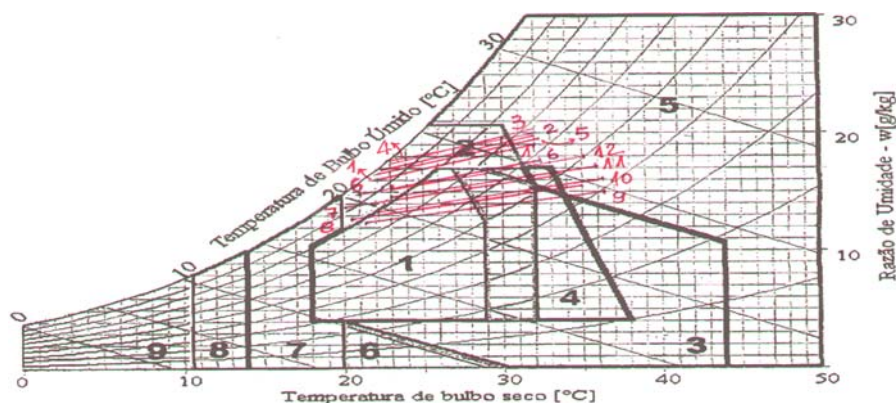
### **2.1 Exigências de conforto para a região**

O clima de Teresina, de acordo com os dados coletados, apresenta-se do tipo quente-úmido durante o primeiro semestre do ano e quente-seco durante o segundo semestre e, conseqüentemente, as necessidades humanas de conforto são diferentes ao longo do ano e exigem soluções adequadas às diversas condições climáticas. As exigências climáticas para a região foram analisadas de acordo com Givoni (1997) e Mahoney *apud in* Koenigsberger (1977)

## 2.1.1 A Carta Bioclimática de Edifícios para Teresina

Com o objetivo de determinar as exigências de conforto para a região e as estratégias bioclimáticas para a obtenção de ambientes termicamente confortáveis, utilizamos a Carta Bioclimática para Edifícios, de Givoni (1997) – BBCC, elaborando-a para a avaliação climática de Teresina.

**Fig. 1 Carta Bioclimática de Edifícios para Teresina**



**Legenda:** (1)Zona de conforto;(2)Zona de ventilação;(3)Zona de resfriamento evaporativo;(4)Zona de massa térmica para resfriamento;(5)Zona de ar-condicionado;(6)Zona de umidificação;(7)Zona de massa térmica e aquecimento solar passivo;(8)Zona de aquecimento solar passivo;(9)Zona de aquecimento artificial

Os resultados obtidos para Teresina indicam que o conforto térmico está presente em 24,4% das horas do ano. O desconforto térmico devido ao calor ocorre nas 75,6% horas restantes. A ventilação é a estratégia mais recomendada para resolver os problemas de desconforto em 55% das horas, aliada a outras estratégias, como o resfriamento evaporativo e a massa térmica para resfriamento.

**Tab.1 Estratégias bioclimáticas para Teresina**

Situação	Estratégias ( % )	Porcentagem ( % )
CONFORTO	-	24,4
DESCONFORTO ( Calor )	Ventilação - 35,80 Ventilação + Massa Resfriamento - 2,7 Vent. + Massa Resf. + Resf. Evap. - 16,5 Massa Resfriamento + Resf. Evaporat. - 3,6 Massa Resfriamento - 2,3 Ar-condicionado - 14,7	75,6

## 2.1.2 As Tabelas de Mahoney

A utilização das tabelas de Mahoney, para a análise do clima de Teresina, leva à conclusão de que a ventilação dos ambientes é indispensável em função da temperatura diurna elevada combinada com a alta umidade, durante parte do ano. Devido à grande amplitude média diária da temperatura durante o segundo semestre do ano, é indicada a utilização de materiais com grande capacidade térmica, recomendada também por Givoni, para reduzir a temperatura máxima nos ambientes internos.

Entre as recomendações que retiramos das Tabelas, estão: os prédios devem ser dispostos com o eixo maior no sentido leste/oeste com ampla separação entre os mesmos, em posição que favoreça a ventilação permanente dos ambientes internos; as aberturas devem ser médias, de 20 a 40% da área da fachada; as paredes externas e internas, bem como a cobertura devem ser pesadas, com tempo de retardo grande.

## **3 Avaliação do desempenho térmico de prédios escolares construídos em Teresina**

Este trabalho analisa o desempenho térmico de prédios escolares construídos em Teresina, procurando-se verificar que soluções arquitetônicas são mais adequadas ao clima da região. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida pelo IPT (1986 e 1998) e o programa computacional utilizado na simulação do desempenho térmico foi o ARQUITROP.

As temperaturas internas das salas de aula, calculadas pelo programa computacional, foram comparadas com os limites de conforto propostos por Givoni (1997), podendo-se avaliar as melhores soluções para a região. Foram analisados 14 prédios escolares públicos que, em conjunto, são uma mostra significativa da tipologia escolar do município.

Foram analisados, de todas as escolas escolhidas, o arranjo espacial, a implantação no terreno, a orientação solar e aos ventos dominantes do prédio e a solução adotada em planta. Foi feito o levantamento *in loco* dos materiais e cores empregados nas paredes, pisos, coberturas e forros, dos materiais, tamanho, orientação e distribuição das aberturas.

Entre os prédios escolares que apresentaram melhor desempenho térmico, estão as escolas mais antigas do município, que têm como principais características paredes de tijolo maciço rebocadas com 30 a 35cm de espessura e cobertura de telha cerâmica sem forro, com exceção de apenas um prédio de dois pavimentos com cobertura de telha de cimento-amianto e forro de laje de concreto. A solução em planta dispõe as salas de aula em fileira simples com ventilação cruzada através do uso de janelas de madeira e combogós. As escolas que apresentaram pior desempenho, são as que apresentam solução em fileira dupla, sem ventilação cruzada, cobertura e paredes leves e pé-direito reduzido.

## **4 Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares**

As diretrizes de projeto propostas são decorrentes do estudo das variáveis arquitetônicas que interferem nas condições de conforto térmico dos ambientes internos, incluindo, portanto, o sítio e suas relações com o espaço urbano e o edifício e seus componentes.

Considerando-se o tipo de clima e tendo como objetivo a obtenção de ambientes termicamente confortáveis sem que seja utilizada a climatização artificial, podemos estabelecer como exigências de projeto para Teresina:

a) uma boa ventilação natural dos ambientes, com os ventos passando ao nível do corpo das pessoas, visando a incrementar as trocas por evaporação e o resfriamento das superfícies da edificação por convecção;

b) a proteção das superfícies da edificação e do corpo humano contra a incidência direta e refletida da radiação solar para evitar o aquecimento das superfícies;

c) a utilização de materiais com elevada inércia térmica nas paredes e coberturas, em função da grande amplitude térmica diária que ocorre durante parte do ano.

### **4.1 O sítio**

As exigências de conforto referentes ao sítio do prédio escolar indicam a necessidade de aproveitar ao máximo a ventilação natural para ventilar os ambientes internos e controlar a radiação solar incidente no entorno do prédio, através do revestimento adequado do solo.

O tratamento das áreas externas das escolas visa a reduzir a absorção da radiação solar e da reflexão dos raios solares em direção à edificação pelas superfícies de revestimento do solo. Dessa forma, a existência de áreas com mais de 50% de sua superfície pavimentadas próximas à edificação e, principalmente na direção dos ventos dominantes, deve ser evitada, por se tornarem uma fonte de irradiação de calor e de reflexão dos raios solares. O ideal é utilizar a pavimentação, quando necessária, entremeada com vegetação; isso se aplica às calçadas, aos estacionamentos ou qualquer área pavimentada

A vegetação deve ser utilizada para criar um microclima em torno do prédio escolar, com temperatura mais amena e umidade relativa mais alta. A localização de áreas com vegetação na direção predominante dos ventos faz com que estes, ao atravessá-las, cheguem aos ambientes internos trazendo um ar mais fresco.

Os lotes ocupados pelas escolas não devem ter obstruções ou volumes próximos que interfiram na ventilação natural do prédio. Em terrenos de topografia acidentada, as áreas mais elevadas e as encostas a barlavento são mais desejáveis por estarem orientadas na direção dos ventos.

Os blocos deverão ser dispostos com afastamento mínimo de pelo menos seis vezes a altura do prédio, de maneira que um não sirva de barreira ao outro, prejudicando a ventilação dos blocos situados a sotavento. A distância do prédio em relação aos

muros ou cercas vivas deve ser de pelo menos seis metros, quando na direção predominante dos ventos.

## 4.2 O edifício

Os edifícios escolares em Teresina devem assegurar a boa ventilação dos ambientes internos e evitar o aumento da temperatura interna do ar, bem como das temperaturas radiantes das superfícies que compõem os ambientes.

O arranjo geral dos diversos ambientes escolares, principalmente das salas de aula, deve permitir a ventilação cruzada nos ambientes, assegurando a ventilação necessária para o conforto dos usuários e o resfriamento das superfícies. O arranjo das salas de aula em ambos os lados do corredor central deve ser evitado, por dificultar a ventilação cruzada das salas, especialmente nos prédios com mais de um pavimento.

A forma ideal para os prédios escolares em Teresina é a alongada no eixo leste/oeste, com as fachadas maiores orientadas para norte e sul, visando à redução do tamanho das fachadas a leste e oeste, que recebem maior carga térmica devido à radiação solar.

Os blocos de salas de aula devem ter as fachadas maiores orientadas para norte e sul, que recebem menor radiação solar e podem ser protegidas mais facilmente. As aberturas, quando dispostas nas fachadas ao norte e ao sul, permitem aproveitar os ventos dominantes e possibilitam a ventilação cruzada nas salas de aula. Essa disposição evita que haja conflito entre orientação solar ideal das fachadas e a orientação em relação aos ventos dominantes.

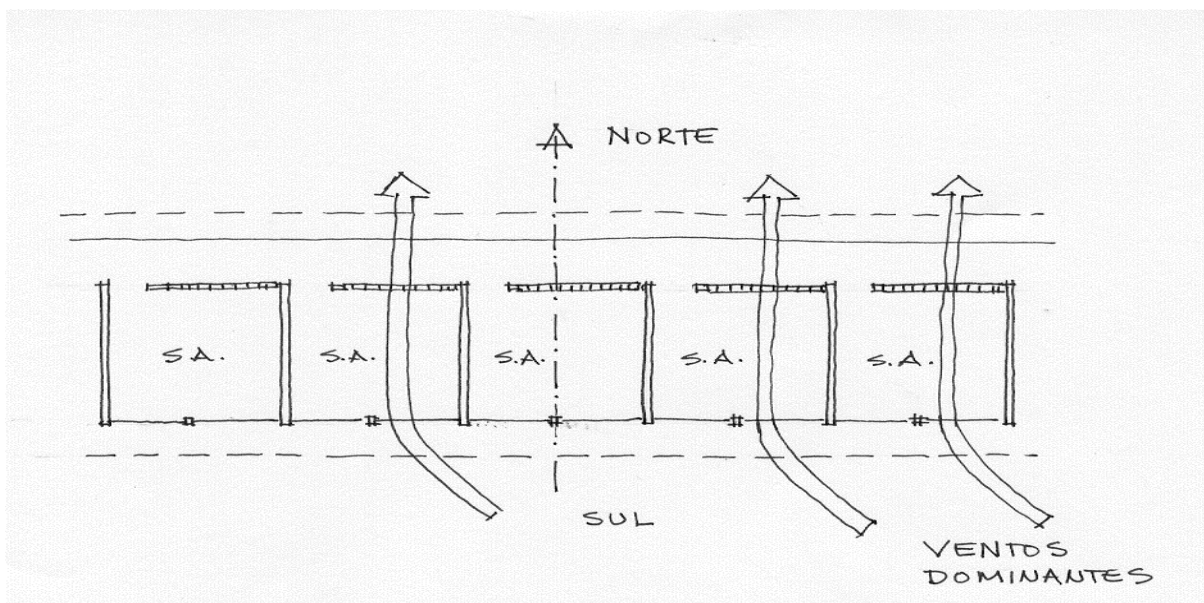


Fig. 2 Disposição ideal das salas de aula em Teresina

Os prédios escolares em Teresina devem utilizar cores claras nas fachadas e coberturas, com o objetivo de diminuir, através da reflexão dos raios solares, a quantidade de radiação que atinge as superfícies do invólucro da edificação.

### 4.3 Os elementos do edifício

Os elementos que constituem o edifício devem favorecer a ventilação natural dos espaços internos, com os ventos passando ao nível do corpo das pessoas; oferecer elevada resistência térmica à passagem do fluxo de calor para o interior e ter elevada inércia térmica; evitar o aquecimento excessivo das fachadas e aberturas; proteger as paredes e aberturas contra as chuvas fortes e proteger os ambientes internos contra a entrada direta dos raios solares.

#### 4.3.1 As paredes

As paredes dos prédios escolares devem ser de cores claras e possuir elevada capacidade calorífica, em função da grande amplitude térmica diária que ocorre durante boa parte do ano. Mahoney, *apud in* Koenigsberger (1977:270), recomenda, para o tipo de clima da região, paredes pesadas com tempo de retardo de oito (08) horas ou mais, e com coeficiente de transmitância térmica (K) menor que  $2\text{W/m}^2\text{°C}$ . Caso as paredes sejam de cores escuras, a transmitância deve ser menor, devido à maior absorção da radiação solar, principalmente nas fachadas orientadas para oeste.

#### 4.3.2 A cobertura

As coberturas dos prédios escolares devem oferecer bastante resistência à passagem do fluxo de calor. Mahoney, *apud in* Koenigsberger (1977:270), recomenda coberturas pesadas com tempo de retardo de 8 horas ou mais e coeficiente de transmitância térmica (K) igual ou menor que  $0,85\text{W/m}^2\text{°C}$ . Para tanto, devem utilizar sistema construtivo com telha e forro de laje de concreto, com material isolante ou superfície refletora no ático. A ventilação do ático também ajuda na diminuição do fluxo de calor para o ambiente interno.

#### 4.3.3 As aberturas

As aberturas devem estar orientadas na direção dos ventos dominantes e dispostas em duas paredes de maneira a permitir a ventilação cruzada; devem ter área de abertura de 25 a 30% da área do piso e serem protegidas contra a radiação solar e as chuvas com ventos. As janelas de vidro, de materiais metálicos e do tipo basculante não devem ser empregadas.

#### 4.3.4 Os protetores solares

Os protetores solares devem ser externos à edificação, como os brises horizontais e verticais e os toldos; devem ser de cores claras ou metálicas, com baixo coeficiente de absorção da radiação solar.

#### 4.3.5 O pé-direito

Nos prédios escolares que utilizam forro, cuja cobertura oferece maior proteção, o pé-direito das salas de aula deve ser maior ou igual a 3,0m, em razão do fluxo térmico que atinge a superfície interna do forro. No caso de coberturas sem forro, recomenda-se uma altura mínima de 3,20m no ponto mais baixo do telhado.

## 5 Conclusão

A pesquisa realizada evidencia a falta de adequação ao clima da região nos prédios escolares públicos de Teresina, causando situações de desconforto térmico aos seus usuários, o que, com certeza, tem reflexos no rendimento escolar dos alunos. Recomenda-se que a construção de novos prédios escolares leve em conta as diretrizes de projetos aqui propostas, com o objetivo de proporcionar ambientes com a qualidade ambiental necessária para o pleno desenvolvimento das atividades escolares.

## 6 Referências bibliográficas

Givoni, B. (1997): *Climate considerations in buildings and urban desing*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Goulart, S., Lamberts, R., Firmino, S.(1997): *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. UFSC, Florianópolis.

IPT (1986): *Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares*. IPT, São Paulo.

IPT (1998): *Critérios mínimos para habitações térreas de interesse social*. IPT, São Paulo.

Koenigsberger, O. et al (1977): *Viviendas y edificios en zonas cálidas e tropicales*. Paraninfo, Madrid.

Olgay, V.(1963): *Design with climate*. New Jersey, Princeton.

Rivero, R.(1986): *Arquitetura e clima*. Luzzatto, Porto Alegre.

Romero, M.(1988): *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. Projeto, São Paulo.