



## **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM UMA UNIDADE ESCOLAR – JOÃO PESSOA-PB**

**Narciso Amaral da Silva (1); Leonardo Tavares Maurício (2);  
Vladimir Sobral de Sousa (3)**

(1) Mestrando PPGEU/ CT-UFPB; [narcisoamaral@yahoo.com.br](mailto:narcisoamaral@yahoo.com.br);

(2) Arquiteto e Urbanista; [ltmauricio@yahoo.com.br](mailto:ltmauricio@yahoo.com.br)

(3) Monitor da disciplina Conforto Ambiental I, CAU/CT-UFPB; [vlad.21@yahoo.com.br](mailto:vlad.21@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho constitui parte de uma pesquisa maior que intenta gerar bases teóricas para, posteriormente com outros em desenvolvimento, definirem, através da aplicação dos conhecimentos por eles gerados, diretrizes de conforto ambiental para edificações escolares para a Região Nordeste do Brasil. Teve como objeto empírico o Centro Estadual Experimental de Ensino-Aprendizagem Sesquicentenário, na cidade de João Pessoa - PB, cujos resultados conduziram à tomada de algumas ações corretivas, no âmbito do conforto térmico, já executadas, por parte da administração escolar.

### **ABSTRACT**

This work constitutes a part of a larger research that attempts to generate theoretical bases for, posterior studies that are already being developed, to define, through the application of the knowledge generated by them, guidelines of environmental comfort for school buildings for Brazil's North-eastern Region. It had as empiric object the Centro Estadual Experimental de Ensino-Aprendizagem Sesquicentenário, in the city of João Pessoa - PB, which results led to the acceptance of some corrective actions, in the scope of the thermic comfort, already executed, by the school's administration.

### **1. INTRODUÇÃO**

Ainda que óbvia, a necessidade de adoção de diretrizes visando à qualidade do ambiente escolar em termos de conforto térmico, lumínico e acústico, é, de certa forma, ainda pouco considerada quando da concepção de projetos de edificações escolares.

Resultados obtidos de estudos a partir da aplicação da teoria de conforto de Fanger (1972) demonstram nos trópicos, que as salas de aulas tornam-se, em geral, desconfortáveis na estação quente e aceitáveis na estação fria, para o nível de vestuário utilizado pelos seus ocupantes em climas com estações fria e quente.

No Brasil, alguns estudos vêm sendo feitos tentando adequar determinadas edificações escolares ao clima. Dada a diversidade climática existente no País, os resultados obtidos desses estudos limitam-se, praticamente às regiões onde acontecem, ADRIAZOLA e KRÜGER (2003), BITTENCOURT, CÂNDIDO e BATISTA (2003), CARVALHO, FONTOLAN, MICELI e EVANGELISTI (2003), SILVEIRA, KALLAS e RIBEIRO (2003).

Se por um lado, melhorar a adequação, por meios naturais, dos edifícios de um modo geral e, em particular, os escolares à finalidade conforto termo-lumínico, quando as exigências ambientais são de modo a requerer condições de conforto, pressupõe reduções das necessidades de equipamentos, menor

consumo energético e maior flexibilidade na gestão dos sistemas de controle climático. Por outro, estimular o uso dos recursos endógenos (energia do sol ou do clima) através do projeto de arquitetura, da construção e da inserção destes na malha urbana em harmonia com o clima WIRTSCHAFTSMINISTERIUM (1988) e SILVA (1999), embora o nível de conforto seja extremamente difícil de ser quantificado GOMES (1967), dado que as pessoas tendem a adaptar-se às condições térmicas a que estão submetidas mediante uma série de medidas práticas: alteração da vestimenta, abertura/fechamento de portas e/ou janelas e condicionamento do microclima interno, entre outras, além de outros fatores, de cunho psicológico, como a capacidade de uma pessoa tolerar sensações térmicas distintas das de neutralidade, que podem influenciar o voto de conforto das pessoas. O que importa, na realidade, mais do que não desperdiçar a vantagem que representa a amenidade do clima, é explorá-lo o mais adequadamente possível e reduzir a pressão da procura energética para fins de iluminação CARVALHO (1984) e SILVA (1992), e de conforto térmico SILVA (1997, 1999), FERNANDES e MALDONADO (1990), com vistas a atenuar o crescimento dos consumos, o que, por sua vez, será uma consequência natural do atendimento aos objetivos anteriores cuja relevância advém, sobretudo, do fato que se trata de economizar energia ainda não consumida.

Um aspecto importante a se ressaltar é que além das condições de conforto PATRÍCIO e GONÇALVES (1997) e SILVA (2001), necessárias ao bom desempenho dos corpos docente e discente nesses ambientes, depara-se com a necessidade de se planejar efetivamente a utilização de energia elétrica, o que normalmente é pouco considerado.

Um outro aspecto, talvez o mais importante, é a definição de diretrizes que, considerando o clima local, não só permitam avaliar edifícios escolares existentes, mas sirvam de referencial teórico e de cálculo na concepção arquitetônica de futuras construções de ambientes escolares, como também possibilite a pessoas leigas a detectarem possíveis necessidades de correção/adequação dos ambientes.

Ressaltem-se aqui as interferências arquitetônicas que ainda acontecem em unidades escolares locais possibilitadas pelo programa do MEC - "Dinheiro na Escola" (FNDE) onde as comunidades, na busca de melhores ambientes sem os conhecimentos necessários estão fazendo intervenções arquitetônicas que, na maioria das vezes, não levam em conta os parâmetros mínimos do conforto ambiental e conservação de energia.

Diante do exposto, este trabalho, fazendo parte de uma pesquisa maior, intentou gerar parte das bases teóricas para, juntamente com outros em desenvolvimento, definir através da aplicação dos conhecimentos por eles gerados, diretrizes de conforto ambiental para edificações escolares para a Região Nordeste do Brasil.

## **2. METODOLOGIA**

O desenvolvimento do trabalho deu-se em duas Etapas, como segue:

Etapa 1. Esta Etapa foi sub-dividida em 3 fases.

Fase 1. Fase, de cunho exploratório, que se constituiu de uma atualização do projeto de arquitetura da escola Sesquicentenário, através de levantamento físico da edificação no que respeita às suas características construtivas e ao seu entorno tendo-se como produto um jogo de plantas arquitetônicas, a caracterização tridimensional do seu entorno imediato, a determinação das horas de insolação das fachadas e a avaliação da eficiência dos elementos de proteção solar (beirais e brises).

Fase 2. Objetivou o conhecimento das condições de implantação física e micro-climáticas a que a edificação estava submetida e teve seu desenvolvimento a partir de medições externas e internas de séries de dados climáticos colhidos in loco, ocorridas no verão, período de maior rigor climático. Para tanto foi instalado um mastro com dez metros de altura em cuja extremidade instalaram-se um anemômetro (Sensor-#40 anemometer, AC Output) acoplado a um totalizador (Wind Totalizer odometer, km), ambos da NRG Systems, e um cata-vento, visando o conhecimento das velocidades e dos rumos assumidos pelos escoamentos locais. Paralelamente, visando conhecer as condições térmicas internas e externas à edificação, foram colhidas séries de dados de temperaturas e de umidades através da instalação de dois termohigrógrafos (Ratona, model R-704, SK – Sato Keiryoki MFG. Co., LTD) sendo, um internamente à edificação e o outro externamente instalado num Anteparo

de Stevenson. Quanto às condições internas de ventilação, estas foram medidas com o auxílio de um anemômetro Airflow, TA2 - HT Hygro-Term Comercial e Técnica LTDA.

Fase 3. Nesta fase foi feita a sistematização e a digitação das séries de dados, gerando planilhas, a partir das quais construíram-se os gráficos constantes deste trabalho, relativos às temperaturas, às umidades relativa do ar, às direções e às velocidades dos ventos, sendo feitas posteriormente inter-relações entre estas.

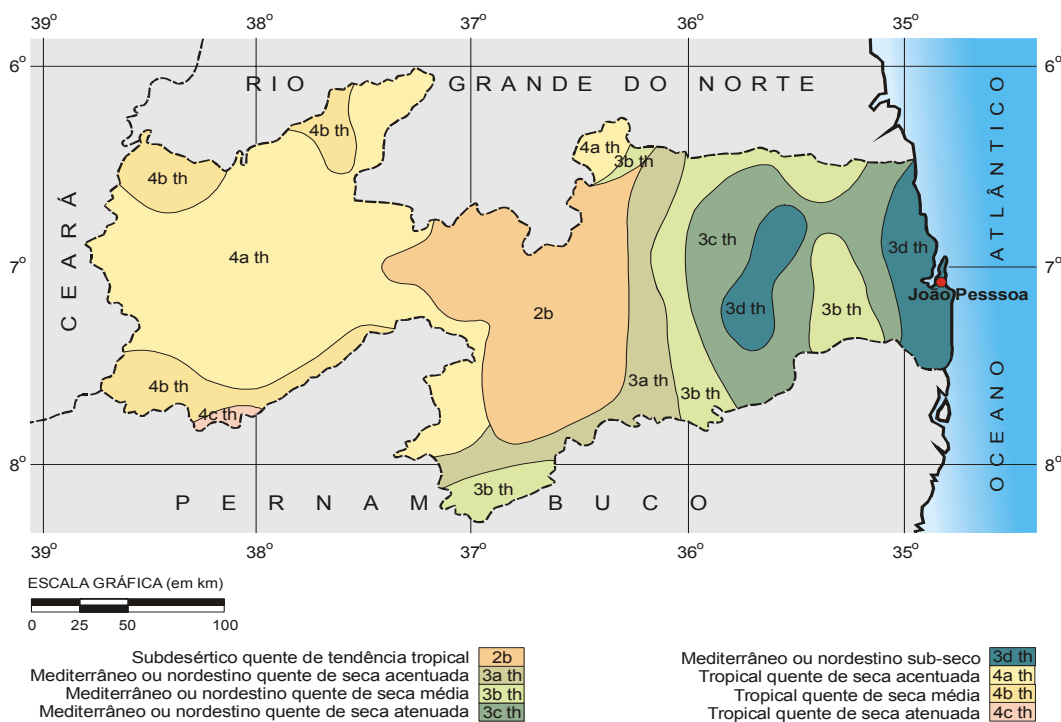
De posse do conhecimento dos micro-climas interno e externo à edificação e da correlação entre ambos, avaliaram-se os aspectos que seguem:

- a - condições micro-climáticas internas existentes na edificação estudada;
- b - verificação das características construtivas da edificação em relação ao meio climático em que se insere;
- c - validação das séries de dados de ventos medidas *in loco*, através de sua correlação com as séries medidas simultaneamente no aeroporto local, Castro Pinto.

Etapa 2. Com base nos resultados obtidos da primeira etapa avaliaram-se as condições de conforto ambiental para esta unidade escolar.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO

Situada na cidade de João Pessoa - PB, cidade que possui bioclima 3dth, apresenta médias térmicas anuais em torno de 25°, totais pluviométricos anuais de 1.500 a 1.700 mm, umidade relativa do ar em torno de 80%, Latitude 7° 8' Sul, Longitude 34°53' Oeste e altitude de 5 m (Fonte: Atlas do Estado da Paraíba, 1985. p. 42; in SILVA, 1999), figura 1, no bairro dos Estados, a escola de ensino fundamental, básico e médio Sesquicentenário, está implantada em uma área de 13.000 m<sup>2</sup>, com área construída de 3.818 m<sup>2</sup> (figura 2). Horizontalmente distribuída (figura 3), a edificação foi construída com estrutura em concreto armado, alvenaria de tijolos cerâmicos com reboco, laje inclinada e cobertura em telha cerâmica. É dotada de proteções solares verticais, nas fachadas norte e sul, executadas em alvenaria de tijolos cerâmicos.



**Figura 1, Regiões Bioclimáticas segundo a classificação de Köppen (Fonte: Atlas do Estado da Paraíba apud MORAIS 1999. p. 48; in SILVA, 1999)**



Figura 2, Plantas de situação, locação e cobertura da escola Sesquicentário

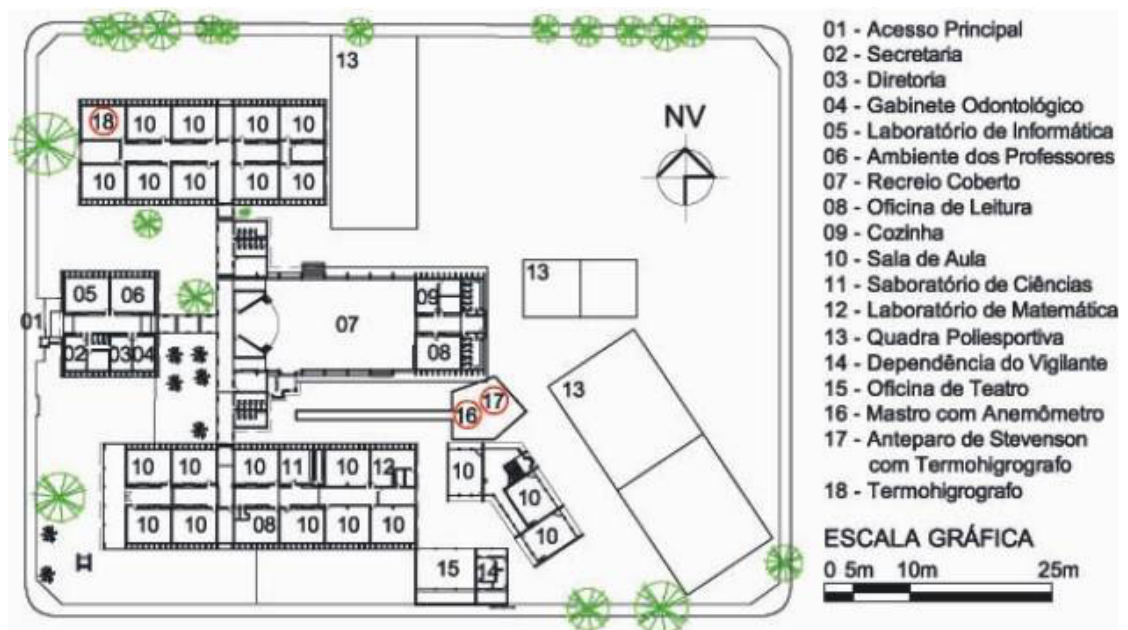


Figura 3, Plantas baixa

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos a seguir, obtidos das séries de dados de temperatura e de umidade relativa do ar medidas interna e externamente ao edifício escolar dão a conhecer as condições termo-ambientais locais. Observando-se o Gráfico 1 detecta-se, rapidamente, que a temperatura externa manteve-se durante todo o período de medição (5/12/2000 à 5/01/2001) mais baixa do que a interna, como se podem constatar nos desenvolvimentos das curvas que seguem, praticamente, em paralelo, mantendo-se as temperaturas internas mais elevadas do que as externas conduzindo a que se observe, principalmente no período noturno onde as diferenças entre as temperaturas internas e externas tornam-se mais significativas com tendência, nas primeiras horas da manhã a equipararem-se. Tais diferenças acentuam-se declaradamente, a partir das 12 horas. Ditas condições, podem ser atribuídas ao padrão construtivo, aí incluindo-se os brises que funcionam mais como armazenadores térmicos do que como proteções solares redirecionando, por um lado, a ventilação e, por outro, reduzindo a penetração da luz natural. Tenha-se em conta que as esquadrias apesar de possuírem dimensionamentos consideráveis possuem dois terços de sua área em veneziana móvel e um terço com fechamento em vidro fixo. Tais condições não favorecem a ventilação e à iluminação necessárias ao desenvolvimento das tarefas ali executadas embora se tenha, externamente, disponibilidade, tanto de iluminação quando de ventilação.

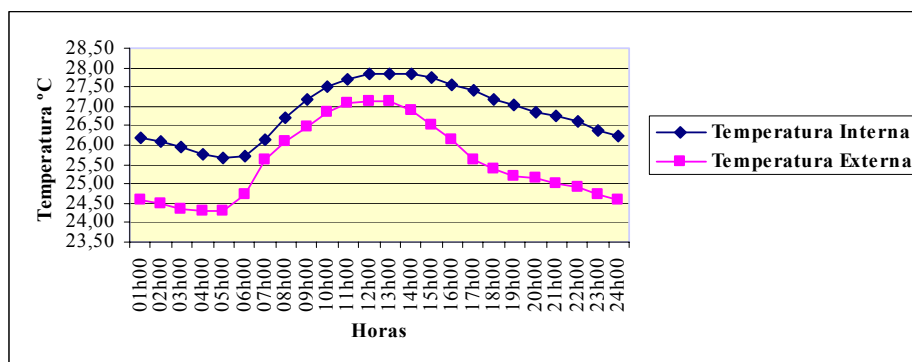


Gráfico 1, desenvolvimento das curvas de temperatura internas e externas no verão

Da observação do Gráfico 2 depara-se com uma situação não muito diferenciada da do quadro das temperaturas. O desenvolvimento das curvas de umidades relativas do ar internas e externas, no verão, demonstram a discrepância entre estas. Vale salientar que os níveis de umidade relativa do ar podem parecer superestimados. Entretanto, há-se de convir que os milímetros de chuva precipitados, no período de medição, alcançou 149,38 mm (fonte: Laboratório de Energia Solar/Laboratório de Geografia Aplicada/Universidade Federal da Paraíba), muito acima da habitual.

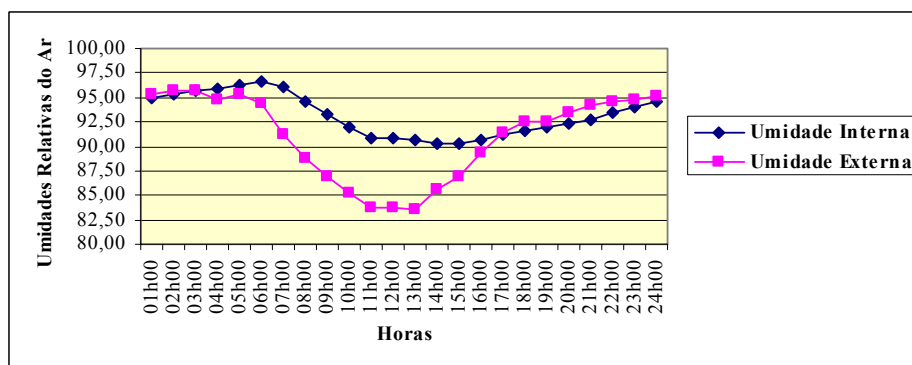


Gráfico 2, desenvolvimento das curvas de umidade relativas do ar internas e externas no verão

As umidades internas mantêm-se elevadas principalmente durante o dia, no período correspondente às temperaturas mais altas coincidindo, exatamente, com os turnos escolares. Ditas condições podem ser

atribuídas, à semelhança do que acontece com as temperaturas, ao padrão construtivo da edificação.

Plotando-se na carta de conforto a temperatura e a umidade do ar mais baixas medidas internamente, *in loco*, observa-se estarem estas fora da zona de conforto, Figura 4, conduzindo a que se possa concluir sobre as más condições térmicas no interior da edificação escolar.

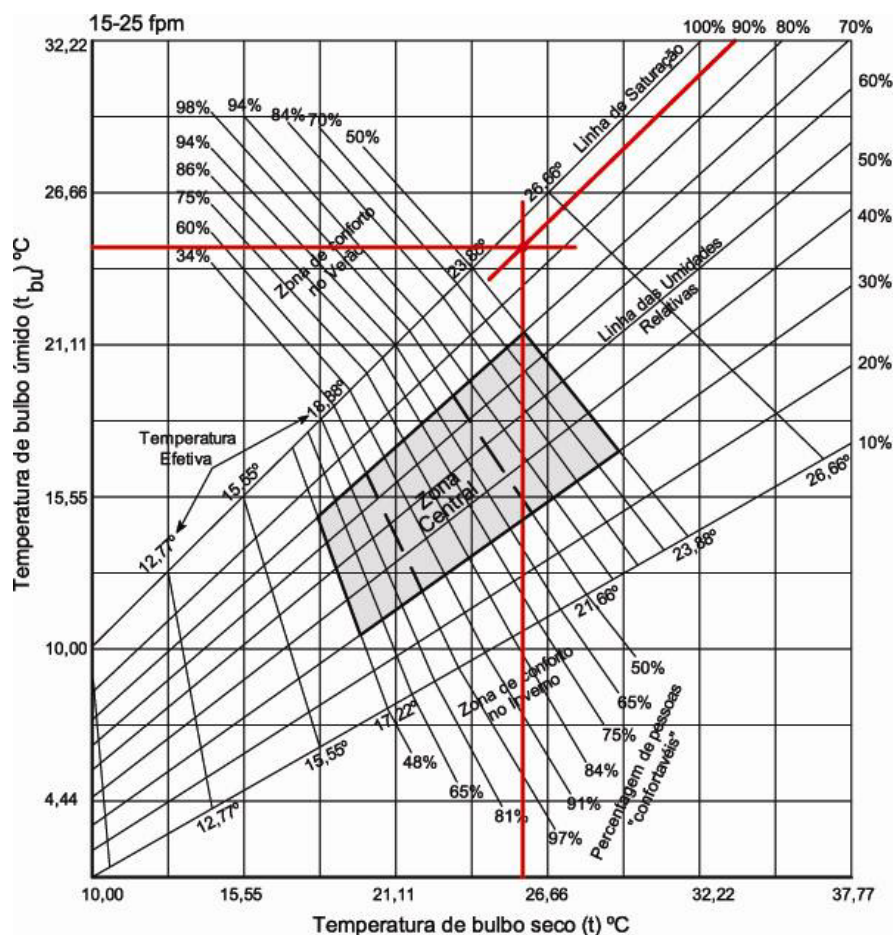
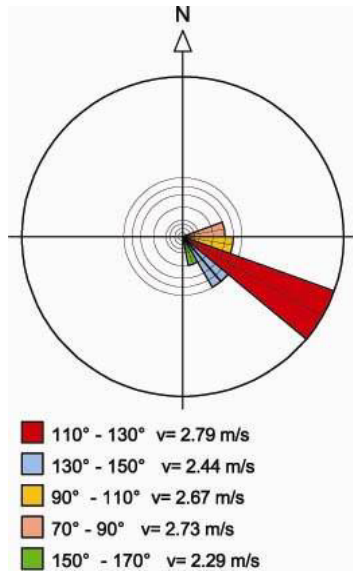


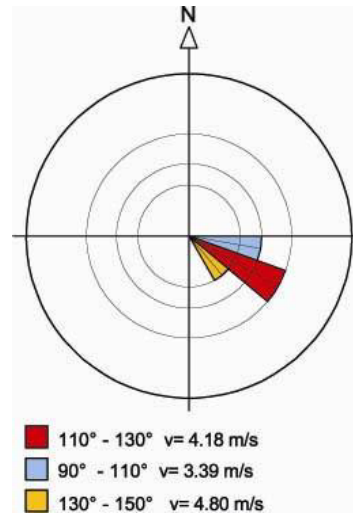
Figura 4, Carta de Conforto de Yaglou - Adaptado  
(Fonte: ACHIBALDI, 1988)

Já, quanto às condições de ventilação pode-se perceber através das rosas de vento relativas às observações feitas *in loco* e no aeroporto local, figuras 5 e 6, que as condições de ventilação, no que respeita às distribuições dos rumos e das velocidades dos ventos variam de um local para o outro, evidentemente. Enquanto a direção predominante mantém-se nos dois sítios, as velocidades, a estes correspondentes diferenciam-se, reduzindo-se significativamente na área da escola. Os outros rumos medidos na escola variam consideravelmente frente aos medidos no aeroporto. As distribuições diferenciadas devem-se às inter-relações entre o ambiente construído e aos escoamentos locais, sofrendo estes últimos redirecionamentos, acelerações e frenagens características de condições de ventilação intra-urbanas. Enquanto que as velocidades instantâneas internas medidas variaram num intervalo de 0,3 a 4 m/s, com ventiladores desligados e de 0,5 a 6,5 m/s, com ventiladores ligados, as externas variaram de 2 a 12 m/s. Observe-se que as máximas velocidades alcançadas internamente coincidiram com o giro dos ventiladores instalados nas paredes laterais das salas de aula. Disto pode-se depreender que a interferência dos brises verticais somada à tipologia dos fechamentos das aberturas (esquadrias) provocam uma frenagem na velocidade dos ventos.



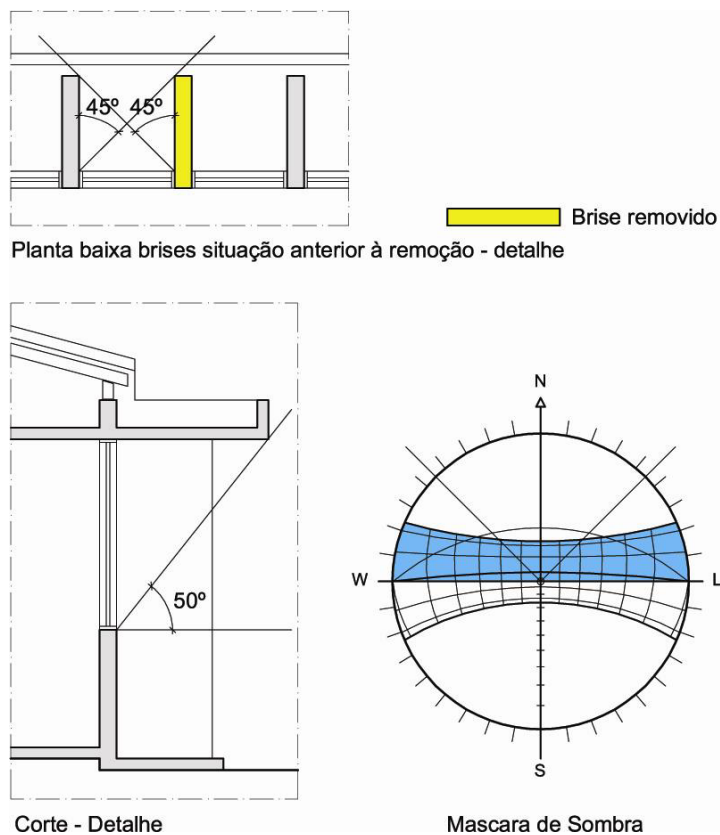


**Figura 5, Rosa dos ventos – escola (frequências de ocorrências e velocidades)**



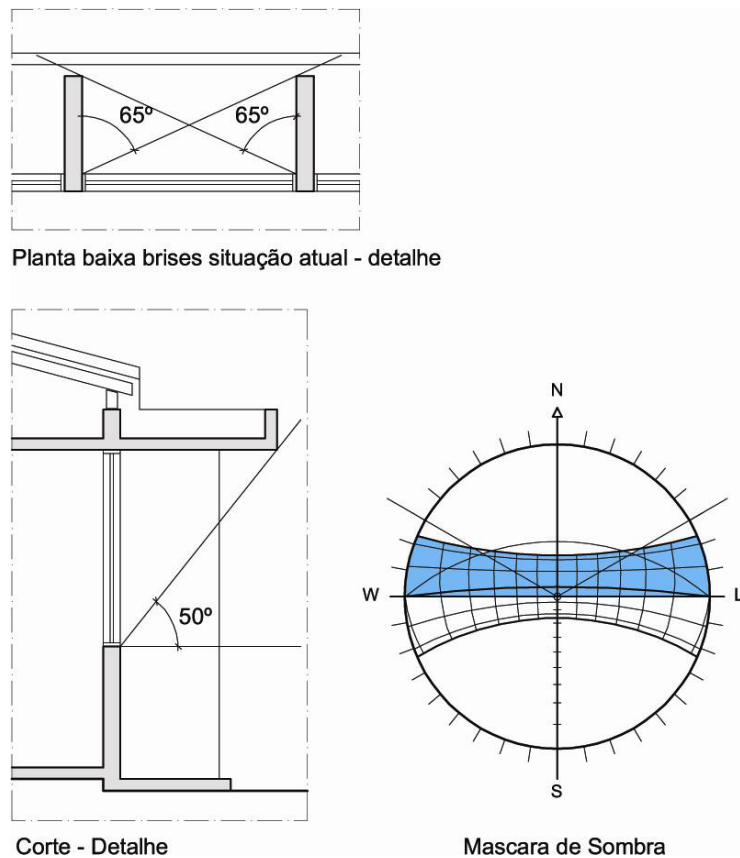
**Figura 6, Rosa dos ventos – aeroporto (frequências de ocorrências e velocidades)**

No que respeita às proteções solares, estas, após análise, constatou-se serem superdimensionadas em termos de quantidade de aletas, fazendo reduzir os níveis internos de ventilação, de aclaramento e aumentar a armazenagem de calor indevida, figura 7.



**Figura 7, ângulos e respectiva máscara de sombra referentes às proteções solares existente anteriormente**

Com a eliminação de metade das aletas verticais, situação estudada após a comprovação do superdimensionamento na situação anterior, o estudo deste novo sistema de proteção solar constatou, por um lado, que não haveria a penetração da radiação solar direta no ambiente das salas de aulas e por outro, possibilitava melhorias nos níveis de aclaramento interno, já que a iluminação não seria mais tão obstruída pelo excesso de aletas verticais, haveria ainda, um aumento da ventilação e ocorreriam reduções da radiação emitida por elas, já que seria apenas metade do número anterior, para o ambiente interno, figura 8. A administração da escola após o conhecimento dos resultados desta pesquisa, providenciou a eliminação das aletas em excesso, o que resultou em melhorias nos níveis de conforto ambiental internos. Estas melhorias, no entanto, não foram comprovadas cientificamente, pois não foram instalados equipamentos que pudesse comprovar tais melhorias, contudo, os relatos de professores e alunos refaçam os cálculos de que haveria melhorias nas condições de conforto ambientais internos da escola.



Planta baixa brises situação atual - detalhe

Corte - Detalhe

Mascara de Sombra

Figura 8, ângulos de sombra referentes às proteções solares existente

## 5. CONCLUSÕES

Não obstante as menores fachadas estarem voltadas para as orientações Leste e Oeste e haverem-se previsto proteções solares para a edificação, as condições térmicas internas medidas conduziram a que se verificasse não estar a citada edificação construída de modo a tirar partido das condições microclimáticas locais existentes. Observe-se que as velocidades dos ventos medidas no local não são das mais reduzidas. Entretanto, o dimensionamento das aberturas para fins de ventilação parece não haver sido feito, uma vez que as aberturas destinadas à saída do vento estão subdimensionadas e as de entrada, têm vedações não condizentes com a finalidade para o qual deveriam ter sido projetadas. Uma outra questão a ser observada diz respeito à altura do peitoril. Por ter dimensionamento acima do necessário (altura) impede a incidência do vento sobre os ocupantes das salas de aula, prejudicando as trocas térmicas. A área em veneziana (2/3 das esquadrias) não só provoca uma redução nos níveis de aclaramento como, também, uma redução nas velocidades dos ventos, apesar de já estarem protegidas,



tanto da radiação solar direta, quanto de ofuscamentos advindos da abóbada celeste ou de superfícies circunvizinhas, o que reforça a que se conclua não ter havido o cálculo consciente das proteções solares. No que se refere aos materiais construtivos (características térmicas) e suas aplicações: telha cerâmica sobre laje inclinada; clarabóias em acrílico sem proteção solar (Figura 9); brises em tijolos cerâmicos espessos interligados ao corpo do edifício (pontes térmicas), o que não condizem com o clima local, contribuindo para reduzir os níveis de conforto térmico no edifício. Isto pode ser constatado ao serem observados os gráficos relativos às temperaturas e às umidades relativas do ar internas medidas que revelam os níveis de inércia térmica da edificação, em desacordo com as exigências de conforto térmico humanas, como pode ser visto na Figura 4. A adoção de ventiladores indica a necessidade de maiores velocidades do ar interior, o que reforça o mau aproveitamento dos alísios locais. Disto pode-se concluir que a intenção de engajamento nos âmbitos do conforto térmico não bastam sem antes ter-se o conhecimento e a consideração das inter-relações entre o clima e o ambiente construído.

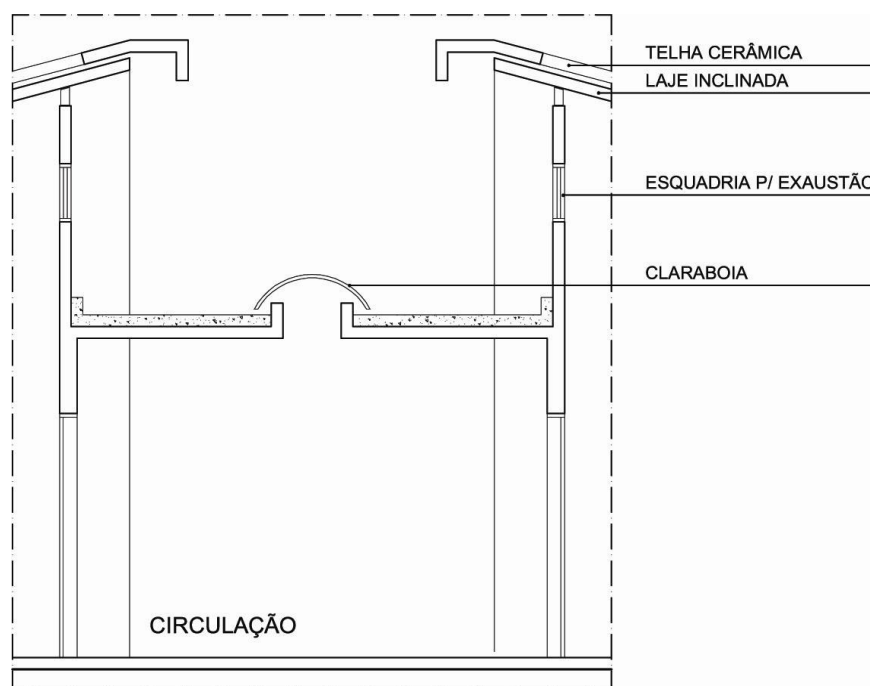


Figura 9, Corte Norte/Sul – detalhe

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHIBALDI, Joseph. **Ventilação industrial e controle de poluição**. Ed. Guanabara, 1988
- ADRIAZOLA, Marcia K.O. e KRÜGER, Eduardo L. **Avaliação do desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR, unidade de Curitiba**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC), 2003 e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações (COTEDI), 2003. Curitiba: 2003.
- BITTENCOURT, Leonardo Salazar; CÂNDIDO, Christhina e BATISTA, Juliana Oliveira. **A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC), 2003 e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações (COTEDI), 2003. Curitiba: 2003.
- CARVALHO, L.C. **Cálculo automático da iluminação natural**. Lisboa: LNEC, 1984.
- CARVALHO, Telma Cristina Pichioli de (1); FONTOLAN, Fábio R. (2); MICELI, Sérgio M. e EVANGELISTI, Isabel G. **Avaliação do conforto térmico em salas de aula de uma escola de arquitetura em Araraquara-SP**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído

(ENCAC), 2003 e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações (COTEDI), 2003. Curitiba: 2003.

FERNADES, E. O. e MALDONADO, E. **Características de comportamento térmico de edifícios**. Manual de apoio. Portugal: Universidade do Porto, 1990.

GOMES, R. J. **O Problema do conforto térmico em climas tropicais e subtropicais**. Lisboa. Ministério das Obras Públicas. Lisboa: LNEC, 1967.

PATRÍCIO, A. e GONÇALVES, H. - **Condições de conforto térmico numa escola tradicional portuguesa**. IN: VII Congresso Ibérico de Energia Solar. Portugal: Porto, 1997.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1988.

SILVA, F. M. da; SILVA, F. A. G. da; SANTOS, P. R. P; SARAIVA, J. A. G. **Simplified models for natural ventilation estimates**. In: The 18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2001. Florianópolis: Alternativa, 2001. p. 235-239.

SILVA, F.A.G.da. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) FAU – USP. São Paulo: USP, 1999.

SILVA, F.A.G. da. **Apostila de Iluminação da Disciplina Higiene do Trabalho**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. João Pessoa: UFPB, 2001.

SILVA, F.A.G. da. **Conforto Ambiental; Iluminação de Interiores**. João Pessoa: A União, 1992.

SILVEIRA, Ana Lucia R. C.; KALLAS, Luana E. e RIBEIRO, Sanderland C. **Determinação de zona de conforto térmico para ambientes escolares em Teresina**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC), 2003 e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações (COTEDI), 2003. Curitiba: 2003.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM Baden-Württemberg, Stuttgart. **Städtebauliche Klimafibel Hinweise für die Bauleitplanung Folge 2**. Tradução por Francisco de Assis Gonçalves da Silva, com o título em português: Cartilha urbanística do clima - Indicações para o plano diretor - seqüência 2. São Paulo: Trabalho Programado 3, 1998. 194p.