

CONFORTO TÉRMICO E AMBIENTE DE TRABALHO DOCENTE EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE SALVADOR-BA

Patrícia Marins Farias (1); Jussana Maria Fahel Guimarães Nery (2); Márcia Rebouças Freire (3); Luiz Roberto Santos Moraes (4).

(1) Mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho pela Universidade Federal da Bahia, patimfarias@gmail.com

(2) Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia, Professora do Departamento de Tecnologia Aplicada à Arquitetura, jmfgn@terra.com.br

Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura. Laboratório de Conforto Ambiental – LACAM. Rua Caetano Moura 121 Federação 40210-350 - Salvador, BA – Brasil Tel.: (71) 2357614

(3) Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia, Professora do Departamento de Tecnologia Aplicada à Arquitetura, mrf.2@terra.com.br

Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura. Laboratório de Conforto Ambiental – LACAM. Rua Caetano Moura 121 Federação 40210-350 - Salvador, BA – Brasil Tel.: (71) 2357614

(4) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Ambiental, moraes@ufba.br

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental. Rua Aristides Novis, 02 Federação 40210630 - Salvador, BA – Brasil Tel.: (71) 32039783 Fax: (71) 32039783

RESUMO

A docência é uma atividade laboral muito importante para o desenvolvimento da sociedade, pois esta categoria profissional tem um papel de relevância em todas as etapas da formação humana. Assim, para diagnosticar o tipo de ambiente ao qual o professor está submetido diariamente, é necessário desenvolver estudos que envolvam avaliações qualitativas e quantitativas. O presente estudo teve como objetivo avaliar as condições de conforto térmico e estresse térmico no ambiente de trabalho do professor. Para isso, as salas de aula foram monitoradas para caracterizar as condições físicas oferecidas no cotidiano diário da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes. Foram registradas, entre os dias 02/06/2008 e 06/06/2008, informações sobre temperatura do ar, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo, velocidade do ar e Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG). Posteriormente, foram calculados os índices de avaliação de conforto térmico. Os valores foram comparados aos limites e faixas de conforto das normas nacionais e internacionais. Os resultados apresentaram uma situação crítica de extremo desconforto em sala de aula. O IBUTG apresentou resultado máximo de 26,4. O ambiente da sala de aula da escola estudada, portanto, apresentou condições de desconforto, com provável diagnóstico de ambiente insalubre, em períodos anuais mais quentes.

Palavras-chave: ambiente de trabalho, docentes, temperatura ambiente.

ABSTRACT

A teaching career is a very important for the development of society, because this profession has a role of relevance in all stages of human training. Thus, to diagnose the kind of ambient where the teacher is submitted daily is necessary to develop studies involving qualitative and quantitative assessments. This study aimed to evaluate the conditions of thermal comfort and thermal stress in the work ambient of teachers. For this, the classrooms were monitored to characterize the physical conditions offered in the daily routine of Brigadeiro Eduardo Gomes School. Between 2008/06/02 and 2008/06/06, information on air temperature, wet bulb temperature, globe temperature, air speed and Wet Bulb and Globe Thermometer (WBGT) were collected. Subsequently, indices were calculated for evaluation of thermal comfort. The values were compared to the limits and tracks of comfort on national and international standards. The results showed a critical situation of extreme discomfort in the classroom. The result showed WBGT maximum of 26,4. The environment of the classroom of the school studied, therefore, provides the conditions of discomfort, with a probable diagnosis of unhealthy ambient in annual warmer.

Keywords: working environment , faculty, ambient temperature.

1. INTRODUÇÃO

As avaliações pós-ocupação realizadas em prédios de escolas do Estado de São Paulo mostraram que os edifícios possuem uma série de problemas relacionados ao conforto ambiental (GRAÇA & KOWALTOWSKI, 2003). Segundo Faria Filho & Vidal (2000), as escolas existentes nas grandes cidades, principalmente, são pichadas, demonstrando claramente a pouca identificação de alunos com o espaço físico que habitam. Os autores da pesquisa apontam como razão para essas questões o fato de que os espaços são feios, cercados por muros altos, e muitas vezes com grades e cadeados, assemelhando-se a espaços de reclusão.

Para entender o conceito de conforto térmico é preciso entender as variáveis ambientais consideradas nessa representação. Vogt & Miller-chagas (1970)¹ partiram da conceituação de que o conforto térmico é uma sensação complexa que sofre influência de fatores de ordem física, fisiológica e psicológica e que, do ponto de vista puramente térmico, as condições ambientais confortáveis são aquelas que permitem ao ser humano manter constante a temperatura do corpo sem acionar, de forma perceptível, seus mecanismos termoreguladores. Para a ASHRAE Standard 55 (1992), o conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.

Atualmente, foi desenvolvido um índice de avaliação do conforto térmico mais moderno, chamado PET (Temperatura Fisiológica Equivalente). Segundo Lyra (2007), o índice PET tem um conceito de fácil entendimento, está expresso em escala termométrica conhecida (°C), e tem por base de cálculo a fisiologia humana independente de calibragem subjetiva. Este índice apresenta, portanto, resultados mais próximos da representação real da avaliação do conforto térmico. Para Hoeppe (1999), seria muito útil se a comunidade internacional de biometereologistas iniciasse a discussão de índices como o PET, a fim de elaborar orientações com recomendações para utilização internacional, como no caso o índice Ultra Violeta, já conhecido internacionalmente.

O objeto de estudo deste trabalho foi resultado de uma seleção a partir de um banco de dados de uma pesquisa epidemiológica. É um estudo de caso na escola da CRE6 (Coordenadoria Regional de Educação da região geográfica de Itapuã), diagnosticada como a instituição de maior queixa pelos professores em relação ao ruído, iluminação e temperatura. O banco de dados da pesquisa anterior possibilitou que os autores selecionassem a escola objeto de estudo, por meio de um método estatístico, cruzando as variáveis ambientais com as escolas. O foco deste estudo foi o ambiente de trabalho do professor, portanto, somente as salas de aula, em atividade, foram monitorizadas.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar as condições ambientais do trabalho docente em uma escola municipal da cidade de Salvador, por meio de avaliação qualitativa e quantitativa da escola selecionada. Foram avaliados os confortos térmico, acústico e lumínico, entretanto, no presente estudo, foram discutidos, somente, os resultados das condicionantes ambientais do conforto térmico.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três fases:

1. Análise qualitativa das características arquitetônicas da Escola estudada e seu entorno.
2. Monitoramento da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes, realizando medições de temperatura do ar, temperatura de bulbo úmido, velocidade do vento e do índice IBUTG.
3. Cálculo dos índices de avaliação do conforto térmico

3.1. Avaliação qualitativa das características arquitetônicas da Escola estudada e seu entorno

Na primeira fase, foram catalogadas parte das plantas baixas, cortes e fachadas na Coordenação de Projetos Especiais (Microplanejamento - Rede Física) – setor da Secretaria de Educação do Estado da Bahia. As plantas baixas disponibilizadas pela Coordenação de Projetos Especiais estavam com indicação de Norte equivocada e desenho desatualizado com a situação existente do edifício, portanto, foi necessária a atualização dos desenhos digitalizados. Foram realizadas visitas à unidade escolar para proceder à atualização das plantas gráficas, levantamento cadastral dos ambientes não catalogados nos órgãos responsáveis e observação preliminar do cotidiano da escola. Ainda nesta etapa, foi realizada uma análise

¹ A co-autora Philomena Miller-Chagas é uma arquiteta brasileira radicada em Strasbourg.

qualitativa das características arquitetônicas e ambientais da escola.

3.2. Monitoramento da edificação escolar estudada

A edificação monitorada é uma escola municipal, construída em 1997, localizada no bairro de São Cristóvão, próxima ao Aeroporto Internacional de Salvador. É possível observar, também, o entroncamento viário de rodovias e avenidas próximas da instituição de ensino, objeto de estudo (Figura 1). A Figura 2 mostra uma planta baixa da escola avaliada, com marcação das salas de aula que foram monitorizadas em cor azul. Foi escolhido o período de uma semana para a monitorização (cada dia em uma sala) por ser este considerado o ciclo de trabalho semanal do professor que se repete durante o mês de trabalho. Como a escola tem seis salas de aula e a semana só tem cinco dias de aula, uma sala de aula foi excluída da monitorização. A sala de aula excluída foi a que apresentava características muito semelhantes à sala 2, já incluída nas medições (Figura 2). As características semelhantes identificadas foram: localização voltada para o centro do pátio coberto e mesma orientação de fachada, ou seja, estão submetidas a variações ambientais próximas em relação ao interior e ao exterior da edificação.

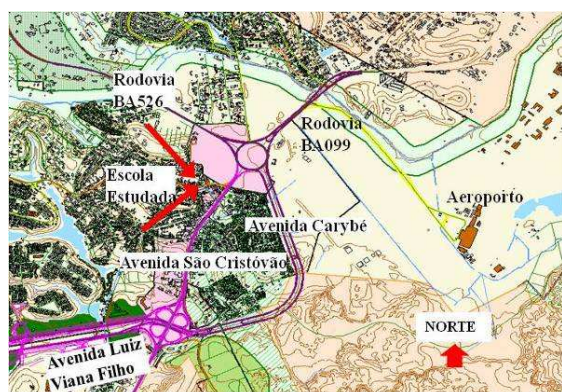


Figura 1 – Localização da escola monitorada.



Figura 2 – Planta baixa da escola monitorada.

Para o monitoramento da edificação, foram utilizados dois equipamentos de coleta de dados. Um dos equipamentos foi o termômetro de globo modelo TGD-200 da marca Instrutherm (Figura 3), para medir dados de temperatura de bulbo seco (Tbs) ou temperatura do ar, temperatura de bulbo úmido (Tbu), temperatura de globo (Tg) e o índice IBUTG. Estes valores mencionados foram sendo registrados, em um formulário de anotação, a cada trinta minutos, durante cinco dias na semana, entre 7h30 e 17h30. O outro equipamento utilizado para registrar a velocidade do ar foi o anemômetro de palhetas designado termo anemômetro digital modelo MDA-11 da marca Minipa.



Figura 3 – Medidor das temperaturas e IBUTG



Figura 4 – Medidores da velocidade do ar

A edificação foi monitorada entre os dias 02 e 06 de junho de 2008. Durante os dias de medição, as salas de aula permaneceram em funcionamento normal e com janelas abertas. No momento da monitorização, foram realizadas entrevistas com os professores ao final de cada aula ministrada.

3.3. Cálculo dos índices de avaliação do conforto térmico

O índice de temperatura efetiva foi calculado por meio do ábaco de Koenigsberger et al. (1977) e foi adotado a média de 0,1m/s ou 20pés/min - a velocidade mínima permitida no ábaco - para velocidade do ar.

O PMV foi calculado com o uso de uma planilha de cálculo elaborada pelo Professor Manuel Carlos Gameiro da Silva do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra. A planilha foi disponibilizada à autora do presente estudo pelo próprio professor, que autorizou o uso.

A pressão parcial de vapor foi calculada por uma planilha elaborada pela autora com a fórmula de pressão de vapor retirada do Livro Arquitetura Ecológica: Condicionamento Térmico Natural de Ennio Cruz

da Costa (COSTA, 1982).

A pressão de vapor de saturação foi obtida por meio de uma tabela retirada do capítulo 3 das notas de aula da Profa. Ticiano Marinho de Carvalho Studart do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (STUDART, 2004). Esta tabela possui variação de um decimal, portanto é possível extrair as pressões equivalentes às temperaturas com precisão.

Segundo Costa (1982), o valor médio da pressão atmosférica dita pressão atmosférica normal foi considerado 760mmHg por se tratar de nível do mar. Após o cálculo das pressões de vapor, foi efetuada a conversão do valor da pressão de vapor em mmHg para a unidade de medida em Pascal (Pa) porque a planilha de cálculo utilizada para o cálculo do PMV e PPD solicita como um dos dados de entrada a pressão parcial de vapor em Pascal. A umidade relativa do ar foi gerada pelo cálculo da razão entre a pressão parcial de vapor e a pressão saturada de vapor do termômetro de bulbo seco multiplicado por 100 para obter o valor em percentual: $UR \text{ (em \%)} = \frac{pv}{p_{stbs}} \times 100$ (COSTA, 1982).

A Temperatura Radiante Média foi calculada com base na equação da ISO 7.726 (1998), constando se tratar de convecção natural.

Para o cálculo do índice PET – Temperatura Fisiológica Equivalente foi utilizado o programa Rayman (2002), utilizando dados de variáveis ambientais medidas e calculadas. Foram consideradas como parâmetros para o cálculo, as médias estatísticas das características da população de professores entrevistados, realizadas no momento das medições.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Inicialmente será apresentada a análise das características da edificação escolar. Os gráficos apresentados são referentes aos índices de conforto térmico, calculados e ao índice de IBUTG, medido entre os dias 02 e 06 de junho de 2008, ou seja, cinco dias compreendidos como o período total de monitorização da edificação. Como este estudo foi resultado de uma dissertação de mestrado, foram mensuradas variáveis do conforto térmico, acústico e lumínico, entretanto, este artigo trata somente os dados relacionados ao conforto térmico. As medições foram realizadas na estação de outono, porque seria uma época mais homogênea em relação às variáveis ambientais estudadas. O período mais constante seria nas Unidades II e III por serem consideradas unidades intermediárias com características mais próximas do cotidiano da sala de aula. Período de maior frequência dos alunos onde a integração e a convivência já estão estabelecidas entre aluno-aluno e professor-aluno.

4.1. Características arquitetônicas da Escola estudada e seu entorno

Dentre as vias que margeiam a edificação, uma via é caracterizada como coletora I (Avenida Aliomar Baleeiro) e a outra é caracterizada como via local (Rua Lauro de Freitas).

A escola está localizada numa zona de concentração de uso residencial (representada pela cor rosa – Figura 5), entretanto, seu entorno é caracterizado por uma zona de concentração de usos comerciais e de serviços (representada pela cor amarela clara – Figura 5). As edificações localizadas no lado sul da edificação escolar estudada apresentam uma média de dois pavimentos e estão voltadas, em sua maioria, para o comércio e serviço local. O lado norte do entorno ainda está sem ocupação, porém, devastado (sem vegetação) (Figura 6).



Figura 5 - Planta de situação da Base SICAR/CONDER (1992) e da LOUOS (Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo de Salvador) – versão 1.2 e foto aérea (fonte: CONDER)



Figura 6 - Foto aérea atual da área onde fica localizada a escola em estudo (fonte: CONDER)

É possível observar na foto aérea (Figura 6), que a Escola Brigadeiro Eduardo Gomes se localiza na ponta entre duas vias e se beneficia do canal de ventilação formado pela configuração viária que direciona o

vento para a edificação como um todo.

A Escola Brigadeiro Eduardo Gomes é uma instituição que contém seis salas de aula, diretoria, secretaria, uma cantina, dois banheiros, uma sala dos professores, uma sala de informática, uma sala de vídeo, uma biblioteca, um pátio coberto e uma quadra esportiva, em um pavimento. A quadra foi disposta na área poente do terreno. Entretanto, ambientes como a sala de professores, biblioteca, sala de informática e sala de vídeo estão localizadas no fundo do lote, sofrendo interferências do poente e próximo da quadra. Além disso, estes ambientes, em anexo ao edifício, possuem pé direito reduzido e cobertura em telha fibrocimento e forro de gesso, portanto, configuram espaços mais aquecidos e desconfortáveis.

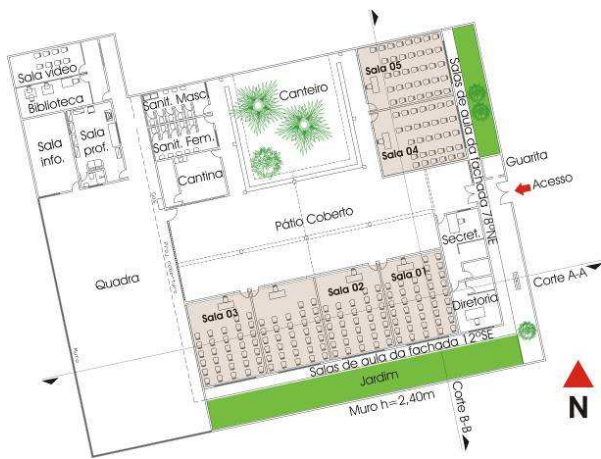


Figura 7 - Planta baixa da escola indicando acesso e localização das salas de aula.

O edifício escolar possui laje coberta com telha em fibrocimento. As salas de aula estão dispostas, na maior parte, voltadas para a fachada 12° SE (Figura 7). A escola toda é cercada por muros de 2,4 metros de altura (Figura 7). A fachada 12°SE é plana e o telhado não possui beiral e faceia a parede lateral limítrofe da Escola. A fachada não possui elementos que regulem a entrada de luz solar direta nos dias mais iluminados. Das seis salas de aula da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes, quatro salas estão orientadas para a fachada de azimute 168° ou 12°SE e duas salas estão orientadas para a fachada de azimute 78° ou 78°NE (Figura 7).

As salas de aula são padronizadas e possuem dimensões de 6 metros x 8 metros, totalizando 48,00m². O edifício tem pé direito de 3,13 metros com salas de aula com ventilação cruzada, por meio de janelas de correr com telas em aço nas fachadas e aberturas localizadas acima da lousa no lado oposto à janela (Figura 8).

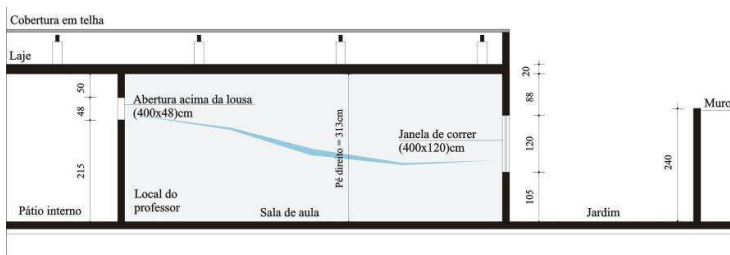


Figura 8 – Corte longitudinal da sala 02, produzido pela autora, da sala de aula, indicando o pé-direito e as dimensões das aberturas

janela (Figura 8).

Cada sala possui dois ventiladores de parede giratórios localizados nas paredes laterais na altura de 2,30 metros do piso. A abertura de entrada possui área maior que a abertura de saída do vento. O correto seria o inverso para aumentar a eficiência da ventilação.

Além disso, o posicionamento da abertura de saída acima da lousa, não possibilita que o local onde o professor passa a maior parte do tempo seja beneficiado pela ventilação cruzada (Figura 8).

O local que pode possibilitar a melhor condição de ventilação, portanto, está entre o fundo e o meio da sala de aula. As salas estão posicionadas a barlavento (região de onde sopra o vento em relação ao edifício) da edificação. Os ventos predominantes sopram em direção às fachadas 12°SE e 78°NE, onde estão localizadas as janelas. A ventilação cruzada é realizada por meio da abertura horizontal acima da lousa (Figura 8).

No diagrama de percurso aparente do sol (Figura 9), observa-se que a fachada de azimute 348° recebe radiação solar direta no inverno e no equinócio, a fachada de azimute 258° recebe incidência solar direta à tarde durante todo o ano, a fachada de azimute 168° no inverno (durante todo o dia) e em pequena parte do equinócio (pela manhã), por fim a fachada de azimute 78° recebe incidência solar direta durante todo o ano (pela manhã). No lado das fachadas NO e NE, a incidência do sol não sofre interferências, pois não possui obstruções do entorno, considerando o trecho de terreno devastado existente ao longo da Rua Lauro de Freitas na orientação NE do terreno (Figura 9). O lado poente do terreno, na fachada 78°SO foi planejado para implantar a quadra de esportes. Em relação à ventilação, as salas de aula da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes são favorecidas pelos ventos Nordeste, Leste e Sudeste (Figura 10). Por não existir obstruções no entorno como edifícios construídos ou vegetações existentes, a velocidade dos ventos NE aumenta devido às condições de devastação do terreno localizado no lado Norte do terreno (Figura 10). Os ventos L apresentam-se sem obstruções devido à corrente de ar gerada pela disposição das duas vias que

tangenciam a edificação escolar. Os ventos SE encontram obstruções do entorno como construções de dois pavimentos no lado oposto da Avenida Aliomar Baleeiro, entretanto, o vão da rua favorece o aproveitamento do vento.

Os ventos predominantes, entretanto, possuem dificuldade em adentrar a edificação da Escola devido à existência de um muro maciço limítrofe que circunda todo o lote da Escola e devido à tela quadriculada, em aço, existente nas janelas das salas de aula.



Figura 9 - Planta do lote do terreno da escola indicando orientação das fachadas de acordo com a carta solar de Salvador.

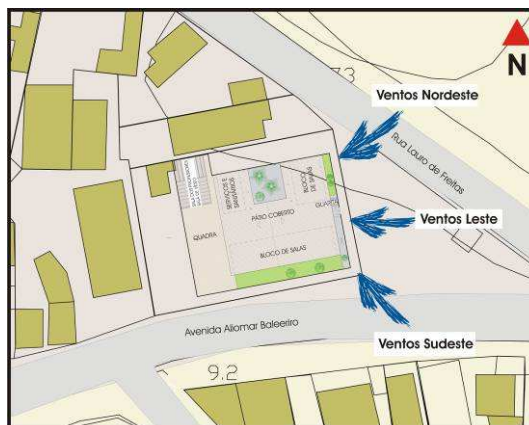


Figura 10 - Planta do lote do terreno da escola indicando orientação dos ventos predominantes para Salvador.

Segundo o Ministério da Educação (2006), foi estabelecido um Padrão Construtivo Mínimo com os seguintes critérios:

- A altura do pé direito deve ser de 2,60m para se obter o melhor conforto térmico e nas regiões mais quentes recomenda-se o pé direito de 3,00m
- A cobertura deverá ter estrutura em madeira resistente e tratada ou em perfil metálico com telhamento, preferencialmente em telha cerâmica, podendo ser também em telha ondulada de fibrocimento ou metálica, objetivando sempre a criação de um colchão de ar para garantir maior conforto térmico aos usuários.
- Os forros deverão ser em resina sintética do tipo PVC, recomendável pela facilidade de aplicação, manutenção, durabilidade e efeito estético.
- As janelas devem ser de madeira, ferro, alumínio ou PVC, respeitando os critérios de ventilação cruzada. Quando possível, recomenda-se que a área dos vãos de ventilação seja equivalente a 1/10 da área do piso e para iluminação natural recomenda-se 1/5 da área do piso.

A Escola Brigadeiro Eduardo Gomes possui características construtivas que não condizem com os Padrões Construtivos Mínimos regulamentados pelo Ministério da Educação (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). Embora possua pé direito de 3,13 metros (acima do estabelecido pelos Padrões Construtivos Mínimos do MEC) e sua cobertura se caracterize por laje sobreposta com telha de fibrocimento, contradiz os Padrões Mínimos estabelecidos pelo MEC, pois não possui colchão de ar entre a cobertura e a laje dificultando a garantia de um maior conforto aos usuários.

A forma da edificação tem grande influência no conforto ambiental, visto que interfere diretamente nos fluxos de ar do interior e do exterior e, também, na quantidade de luz e calor recebidos pelo prédio. Esse aspecto tem sido desconsiderado, e são frequentes, por medidas de economia, coberturas de escolas com telhas de fibrocimento amianto que absorvem o calor e transformam as salas de aulas em verdadeiras estufas, motivo de frequentes queixas de alunos e professores (RIBEIRO, 2004, p.110).

Enfim, devido à ocupação desordenada da cidade de Salvador, os terrenos disponibilizados pela Prefeitura para a construção de novos equipamentos escolares não possuem localização adequada e tornam-se rarefeitos nas áreas de grande densidade populacional. A necessidade, cada vez maior, em ofertar escolas na periferia dos grandes centros resulta na apropriação de terrenos precários, favorecendo a adoção de soluções de verticalização a fim de se obter um maior aproveitamento da área e evitar maiores interferências

no ambiente escolar advindas do meio urbano em que está situada.

4.2. Índices de avaliação de conforto térmico

4.2.1. PMV - *Predicted Mean Vote* ou *Voto Médio Estimado*

As salas de aula mensuradas apresentaram resultados expressivos em relação ao conforto térmico. Como estas medições foram realizadas com a escola em funcionamento normal, o ambiente apresentou condições físicas variáveis. As únicas situações estáveis das salas de aula foram: janelas abertas e iluminação artificial acionada durante todo o período de medição.

Foram coletados 76 dados por dia, totalizando 380 dados na semana de coleta. A velocidade do vento foi coletada, entretanto, apresentou resultados zerados em quase todo o período de coleta, por isso, esta variável foi considerada nula para os cálculos dos índices de conforto térmico.

Em relação ao limite de conforto estabelecido pela ISO 7.730 (1994), o índice PMV apresentou a maior parte dos valores, durante todos os dias de medição, acima de 0,5 (Figura 11). Quando analisado o limite adaptado para o clima quente e úmido por Lyra (2007), os valores continuam acima do limite de 0,9, entretanto, reduziu o período de desconforto térmico. Os únicos valores que se apresentaram dentro da faixa de conforto estipulada por Lyra (2007) foram:

- das 7h30 às 10h00 do dia 06/06/2008 e às 11h00 deste mesmo dia
- a partir das 16h00 do dia 05/06/2008

Os dias 02, 03 e 04 apresentaram índices acima do limite de conforto durante todo o período de medição. O valor mais alto identificado foi de 2,0 no horário de 10h00 do dia 02/06/2008. O menor valor foi de 0,22 às 8h00 do dia 06/06/2008.

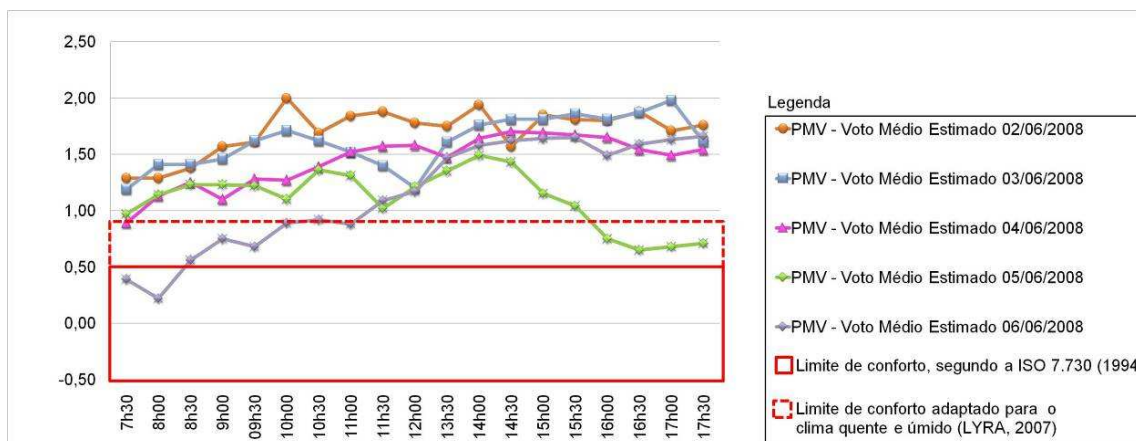


Figura 11 – Índice PMV, em cinco salas de aula, do dia 02/06/2008 a 06/06/2008

No estudo de caso realizado por Grzybowski (2004) sobre o conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá, por meio da análise dos dados coletados em uma escola pôde-se constatar que, na maioria dos períodos analisados, os valores para os índices de Fanger se encontraram acima do índice considerado termicamente aceitável de +5, determinado pela ISO 7.730 (1994). Entretanto, neste estudo, as medições foram feitas nos meses de outubro e dezembro, considerado um período de calor mais intenso.

No estudo de caso da sala de leitura da Biblioteca do CEFET, realizado por Lyra (2007), em Salvador, o índice PMV foi avaliado para análise do desempenho térmico da Biblioteca Raul Seixas e variou de +0,7 a +1,5, sendo consideradas as seguintes características da amostra pesquisada:

- Isolamento da vestimenta – 0,5 clo
- Taxa metabólica de 70W/m²
- Velocidade relativa do ar - 0,18 e 0,31 m/s
- Pressão parcial de vapor - 2370 a 2780 Pa

Os índices calculados para a avaliação da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes se apresentaram nos limites ou acima da faixa de conforto, em um período de avaliação em que os valores de temperaturas médias compensadas são mais baixas. É provável que em estações mais quentes, estes valores se estendam bem acima dos limites estabelecidos de conforto térmico.

4.2.2. PPD - *Predicted Percentage of Dissatisfied* ou *Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas*

Em relação ao índice PPD quase todos os valores se apresentaram acima do ideal de 10% de usuários insatisfeitos, segundo a ISO 7.730 (1994). Nos horários de 7h30 e 8h00 de 06/06/2008, os valores calculados foram 8,2% e 6,0% e PMV de 0,39 e 0,22, respectivamente. O percentual mais alto calculado com base nas variáveis coletadas nos cinco dias foi de 76,7% com PMV correspondente de 2,0 e o valor mais baixo foi de 6,0% com PMV correspondente de 0,22 (Figura 12).

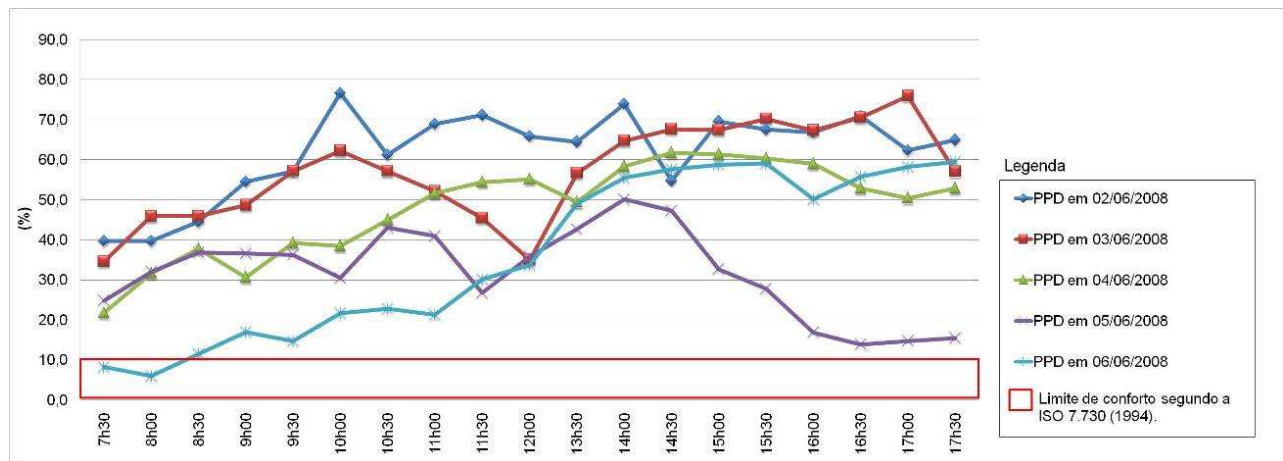


Figura 12 – Índice PPD, em cinco salas de aula, do dia 02/06/2008 a 06/06/2008

4.2.3. PET - *Physiological Equivalent Temperature* ou *Temperatura Fisiológica Equivalente*

O índice PET apresentou todos os valores acima da faixa de conforto recomendada por Hoppe (1999) de 22 a 24°C e acima da faixa de conforto adaptada por Lyra (2007) para clima quente e úmido de 22 a 26°C (Figura 13). O menor valor foi de 26,6°C às 8h00 de 02/06/2008 e o maior foi de 30,7°C às 10h00 de 06/06/2008.

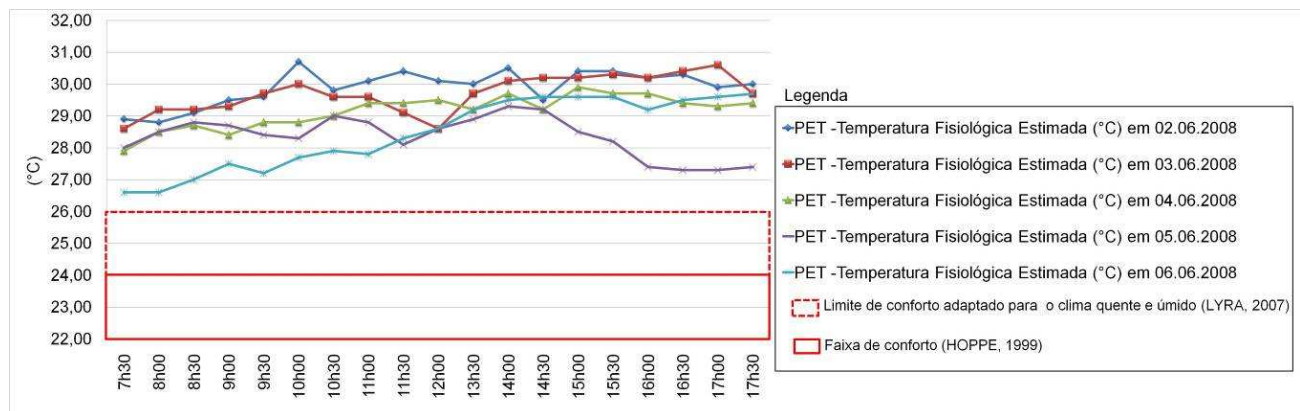


Figura 13 – Índice PET, em cinco salas de aula, do dia 02/06/2008 a 06/06/2008

4.2.4. TE – *Temperatura Efetiva*

O índice de temperatura efetiva, ao longo da semana de medição, apresentou-se acima da faixa de conforto recomendada pela NR17 (BRASIL, 2009). O valor calculado mais alto foi de 26,67°C e o menor valor foi de 23,33°C (Figura 15). Não houve nenhum momento em que os dados calculados se localizassem dentro da faixa de conforto da norma. Segundo os parâmetros da NR17 (BRASIL, 2009), o ambiente avaliado dispõe de condições inadequadas de conforto.

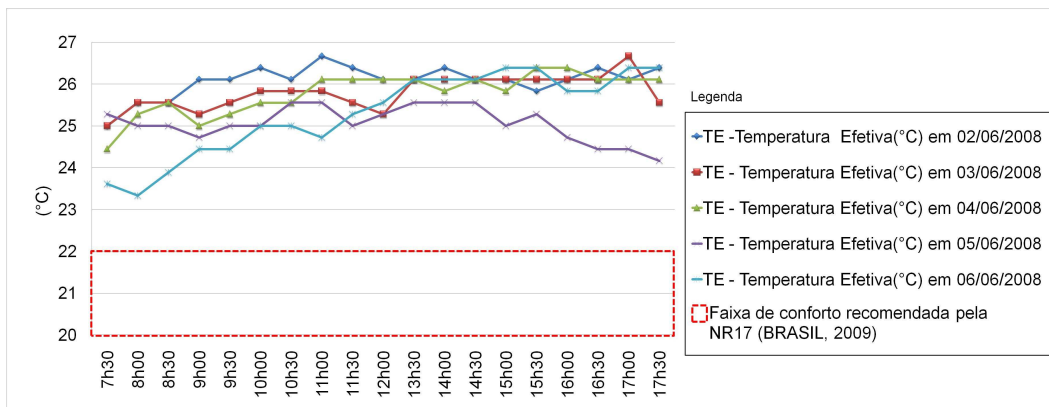


Figura 15 – Índice TE, em cinco salas de aula, do dia 02/06/2008 a 06/06/2008

Os índices relacionados ao conforto térmico apresentaram, nesta pesquisa, resultados acima das faixas ou limites determinados pelas cinco referências citadas: ISO 7.730 (1994), NR 17 (Brasil, 2009), Lyra (2007), Hoppe (1999).

4.3. Índice de avaliação de estresse térmico

4.3.1. IBUTG – Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo

O índice IBUTG coletado apresentou todos os valores dentro da faixa limite de 26,7, estabelecida pela NR15 (BRASIL, 2009) para este tipo de atividade. O maior valor foi de 26,4, às 8h00 de 02/06/2008 e o menor valor foi de 23,6 às 7h30 e 8h00 de 06/06/2008 (Figura 14). O índice IBUTG, na presente pesquisa, apresentou todos os resultados abaixo do limite estabelecido pela NR15 (BRASIL, 2009), entretanto apresentou um resultado de 26,4, às 11h00 do dia 02/06/2008, considerado bem próximo do valor limite de 26,7. Isto significa que o ambiente quase foi caracterizado como insalubre, segundo a Norma citada.

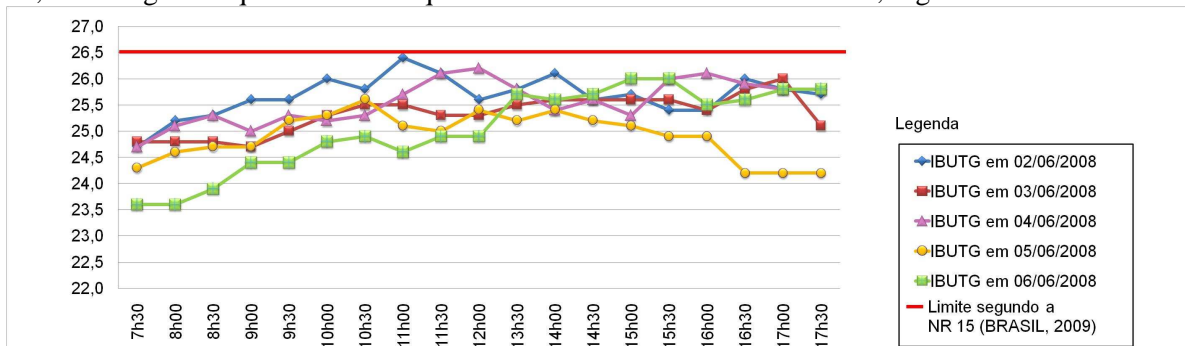


Figura 14 – Índice IBUTG, em cinco salas de aula, do dia 02/06/2008 a 06/06/2008

Segundo Araújo (1996), o excesso de temperatura deve ser evitado, principalmente, em ambientes com pouca ventilação, dificultando a perda de calor por condução e evaporação. Além disso, o excesso de umidade provoca a condensação superficial e o desenvolvimento de fungos nos componentes das edificações que, por sua vez, também provocam sérios problemas de alergias nas vias respiratórias. Pode ser observado que o dia 02/06/2008 foi o que apresentou os valores mais altos. Isso pode estar relacionado ao comportamento agitado dos alunos neste dia.

5. CONCLUSÕES

A arquitetura da Escola Brigadeiro Eduardo Gomes não favorece ao conforto ambiental. Do ponto de vista do conforto térmico, o terreno e o edifício apresentaram algumas considerações favoráveis, entretanto, o muro limítrofe impede o aproveitamento eficiente dos ventos predominantes. Foram encontradas situações críticas em relação ao conforto em sala de aula durante todo o tempo de avaliação do ambiente.

A Escola não possui ambiente arborizado e o muro limítrofe da edificação impede a penetração de ventos. O local é ventilado, entretanto, a forma como foi concebida a edificação não favorece o aproveitamento dessa ventilação. As condições de trabalho do professor são inadequadas à atividade laboral, visto que os resultados apresentaram valores acima dos limites de referência. O professor necessita de muito esforço da voz e da audição que entram em conflito com a utilização de recursos que amenizem o calor. Para

utilizar o ventilador em sala de aula, o professor precisa aumentar ainda mais o seu tom de voz.

Em relação às medições realizadas em sala de aula, os valores apresentados, em grande parte, superaram os valores estabelecidos pelas normas de referências, com exceção do IBUTG, que por se tratar de um índice para avaliação de condições de estresse térmico possui limites considerados de tolerância ao calor e não de conforto térmico. Entretanto, mesmo nestas condições, o IBUTG atingiu o valor máximo de 26,40 em todo o período de medição, quase o valor de 26,70 estabelecido pela NR 15 (BRASIL, 2009). Este resultado se torna agravante, quando consideramos que as temperaturas médias compensadas são mais amenas na época de junho, período de monitorização das salas. A época do ano que apresentar temperaturas levemente mais elevadas, provavelmente, resultará, não só em extremo desconforto térmico, como na consolidação de ambientes insalubres para a realização da atividade docente. O professor submetido a este ambiente de trabalho terá sua saúde prejudicada ao longo da vida laborativa.

A partir dos dados coletados nesta pesquisa e suas análises, espera-se ter contribuído com os estudos em avaliação de ambientes laborais e estimular a construção de parâmetros para a melhoria do mesmo nas edificações escolares. Mensurar o conforto térmico é muito peculiar devido à vasta quantidade de variáveis envolvidas nesse processo. Alguns índices disponíveis para avaliação do conforto térmico são consolidados por meio de normas que não dispomos no Brasil. Foi possível identificar na presente pesquisa que os índices nacionais e internacionais passam por constantes processos de aprimoramento. Apesar da atuação de grandes grupos de pesquisa na área de conforto ambiental, é preciso fomentar o desenvolvimento de mais pesquisas que envolvam elaboração de índices mais modernos e precisos no Brasil. A pesquisa de Lyra (2007) foi uma referência importante de que os índices internacionais podem estabelecer faixas de conforto térmico, não adaptadas para a realidade do clima brasileiro. Isso dificulta, relativamente, na elaboração e discussão dos resultados gerados nos trabalhos nacionais. Por isso, muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas para adaptar os índices internacionais aos climas de cada região do Brasil. É necessária a realização de outros estudos de investigação sobre estes índices para que a utilização destes estabeleça resultados mais concisos e confiáveis.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE Standard 55-1992**. Atlanta, 1992.
- ARAÚJO, V. M. D. Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordeste Brasileiro. 1996. 179 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Consolidação das Leis Trabalhistas, Decreto Lei 6214/1977 e Portaria 3.214/1978 – **Normas Regulamentadoras sobre Segurança e Medicina do Trabalho**. Rio de Janeiro: Atlas, 2009.
- COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1982, p. 43-48.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort. Analysis Engineering**. New York: Mc Graw Hill Book Company, 1972.
- FARIA FILHO, Luciano. M.; VIDAL, Diana G. Os tempos e os Espaços Escolares no Processo de Institucionalização da Escola Primária no Brasil. 500 Anos de Educação Escolar. **Revista Brasileira de Educação**. Editora Autores Associados, n.14, p. 19-33., mai./jun./jul./ago. 2000.
- GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Metodologia de Avaliação de Conforto Ambiental com Conceito de Otimização Multicritério para Projetos Escolares. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, III, ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IV, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENCAC, 2003, p. 822-30.
- GRZYBOWSKI, G. **Conforto Térmico na Escola Pública em Cuiabá - MT: Estudo de Caso**. 2004. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente – Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente) - UFMT, Cuiabá.
- HOPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal Biometeorology**, n. 43, p. 71-75, 1999.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities**, ISO/DIS 7.726. Genebra, 1998.
- _____. **Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**, ISO 7.730. Genebra, 1994.
- KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977. 278 p.
- LYRA, Débora Santa Fé Monteiro. **Aplicabilidade dos Índices de Conforto Térmico: Um Estudo de Caso em Salvador – Bahia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO. **Manual para Adequação de Prédios Escolares**. 3ª ed. Elaboração Carlos Alberto Araújo Guimarães, Cláudia Maria Videres Trajano, Erinaldo Vitorino, Rodolfo Oliveira Costa, Willamy Mamede da Silva Dias. Brasília: Fundo de Fortalecimento da Escola – FUNDESCOLA. 2006. 49 p.
- RAYMAN. RAYMAN 1.2, © 2000 Meteorological Institute of the University of Freiburg, Germany. Disponível em: <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/> Acesso em: 20 nov. 2008.
- RIBEIRO, S.L. **Espaço Escolar: Um Elemento (In) Visível no Currículo**. Sitientibus, Feira de Santana n. 31, p. 103 -18, 2004.
- SALVADOR. Secretaria Municipal de Planejamento. Superintendência do Controle do Ordenamento do Solo do Município. **LOUOS - Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo**. Salvador: PMS/SEPLAN, 2004, versão 1.2, CD ROM.
- _____. Secretaria Municipal de Educação, Cultura, Lazer e Esporte. Assunto: **Educação em Números**. Disponível em: <http://www.smec.salvador.ba.gov.br/site/educa-numeros-escolas.php> Acesso em: 06 fev 2009.
- SILVA, M. C. G. da Folhas de cálculo para determinação dos índices de conforto térmico PMV e PPD, In: Congrès Méditerranéen des Climaticiens, 2006, Lyon, France. **Anais...** Lyon: Climamed, 2006, p. 499 – 503.
- STUDART, T. M. C. Hidrologia Aplicada (notas de aula), Cap. 3, Elementos de Hidrometeorologia, 2004. Disponível em http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_3_Elementos_de_Hidrometeorologia_2004.pdf Acesso em: 15 dez 2008
- VOGT, J.J.; MILLER-CHAGAS, P. Confort thermo-hygro-métrique - Définition physiologique et détermination pratique de zones de confort thermique. **Équipement Technique** 85, n. 271-272, p.143-54, Juillet-Aout, 1970.