



AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA: ESTUDO DE CASO EM CUIABÁ-MT

**Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira(1) Flávia Maria de Moura Santos(2)
Natália Pelissari Brandão(3) Rejane Pereira de Faria(4) Paulo Celso do Couto Nince(5)
Vanessa de Souza Luz(6) Luciane Cleonice Durante(7) José de Souza Nogueira(8)**

- (1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: mcjan@ufmt.br
- (2) Pós-graduação em Física Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil – e-mail:
flacba@terra.com.br
- (3) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: natpelissari@gmail.com
- (4) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: rejanefa@gmail.com
- (5) Pós-graduação em Física Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: pnince@ig.com.br
- (6) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: vanessa_luz219@hotmail.com
- (7) Pós-graduação em Física Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: lucianedurante@uol.com.br
- (8) Pós-graduação em Física Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil –
e-mail: nogueira@ufmt.br

RESUMO

No processo de ensino-aprendizagem que ocorre em sala de aula é necessário que o ambiente físico seja adequado e com condições mínimas de conforto, de forma a contribuir de forma positiva no desempenho das atividades desenvolvidas por alunos e professores. Neste contexto, o conforto acústico, térmico e lumínico são elementos fundamentais na garantia de uma boa condição ambiental, devendo haver uma preocupação quanto à escolha dos materiais na concepção dos projetos escolares, buscando-se assim minimizar fatores que possam interferir no rendimento psico-pedagógico dos usuários. Este trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de ruído, temperatura e iluminação de salas de aula de uma escola estadual em Cuiabá-MT, buscando-se verificar as condições de conforto a que os usuários estão submetidos, considerando o clima local. Foram feitas coletas de dados de temperatura, iluminância e níveis de pressão sonora. Os resultados mostram que o ambiente acústico, térmico e lumínico apresentam qualidade insatisfatória, podendo então, o ambiente ser considerado desconfortável, o que, em longo prazo, pode causar problemas não só de ordem física, como também psicológica, além de prejudicar o processo de ensino-aprendizagem. Os dados de estudos como este podem contribuir na produção de novos espaços escolares da região, no sentido de otimizar a concepção de ambientes de sala de aula que melhor se adaptem às condições climáticas locais.

Palavras-chave: Avaliação ambiental; conforto acústico, arquitetura escolar.

ABSTRACT

In the process of teaching-learning that occurs in the classroom is necessary that the physical environment is appropriate and with minimum conditions of comfort, so as to contribute positively in the performance of activities by pupils and teachers. In this context, the noise, heat and light comfort are key elements in securing a good environmental condition and should be a concern about the choice of materials in the design of school projects, thereby seeking to minimize factors that may interfere with income psycho-pedagogical of users. This paper aims to assess the noise, temperature and

lighting levels in the classrooms of a state school in Cuiabá- MT, seeking to verify the conditions of comfort that the users are submitted, considering the local weather. Were collected data on temperature, brightness and levels of pressure noise. The results show that the environment acoustic, thermal and light have poor quality and can the environment was considered uncomfortable, which in long term can cause problems not only physical but also psychological, as well as affecting the process of teaching-learning. Data from studies such as this can contribute in the production of new school space in the region, in order to optimize the design of the classroom environments that are best suited to the local climate.

Keywords: environmental assessment; acoustic comfort, architecture school.

1 INTRODUÇÃO

Os níveis de satisfação dos usuários de uma edificação envolvem diversos aspectos, como a segurança, estabilidade, durabilidade e os aspectos de conforto, tais como: térmico, lumínico, acústico e ergonômico, sendo este último de muita importância em ambientes escolares, objeto deste estudo.

Os estudos de conforto baseado na norma ISO 7730 de 1984, resultado da investigação desenvolvida na Dinamarca por Fanger (1972), propõem o estabelecimento de um estado térmico para o ambiente, relacionando variáveis físicas e pessoais, a fim de que se possa avaliar o número de pessoas insatisfeitas com o mesmo. O conforto térmico é estabelecido em função de seis variáveis, sendo quatro ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar e umidade do ar e, duas pessoais: o metabolismo e a resistência térmica oferecida pela vestimenta.

As escolhas do terreno, da orientação da edificação, do uso da iluminação natural, da tipologia arquitetônica, dos materiais construtivos adequados às características climáticas, do paisagismo e a manutenção constante dos equipamentos, são alguns dos requisitos importantes para que o projeto atenda às necessidades do cliente em conformidade com o conforto ambiental, evitando o desperdício da energia.

Analizando as características de muitas edificações escolares no Brasil e especialmente das escolas públicas de Cuiabá/MT, que apresenta um clima predominantemente quente, nota-se que a maioria delas apresenta características desfavoráveis ao bom desempenho da edificação quanto ao conforto térmico, lumínico e acústico, já que a comunicação verbal entre alunos e professores é muitas vezes prejudicada pela falta de um planejamento adequado da escola, afetando o aprendizado dos alunos, principalmente das crianças que estão iniciando seus estudos.

O excesso de ruído é um dos grandes problemas presentes nos centros urbanos na atualidade e responsável por boa parte das doenças auditivas desenvolvidas nos habitantes das cidades, principalmente naqueles inseridos nas grandes metrópoles, onde cada vez mais há aumento no número de veículos, aeronaves e equipamentos.

A maioria das edificações destinadas ao ensino não possui isolamento para os barulhos advindos do tráfego das grandes avenidas, ruas e das salas adjacentes, muito menos possui tratamento dentro do própria sala de aula para permitir uma melhor propagação do som, facilitando a todos dentro da sala de aula escutarem com clareza.

O papel dos arquitetos, engenheiros, técnicos, projetistas e demais profissionais da área no desenvolvimento das cidades e na adequação do edifício à dinâmica das transformações contemporâneas é imprescindível, pois são os responsáveis pela elaboração de projetos e otimização dos espaços, com soluções que forneçam eficiência energética e principalmente garantam o conforto ambiental para os usuários.

1.1 Conceitos em conforto acústico

1.1.1 *Tempo de Reverberação*

O tempo de reverberação (TR), segundo Fusco (2005), é o período necessário para a energia sonora decair de um milhão de vezes em relação a sua energia inicial, isto é, o tempo necessário para o nível em decibéis decair em 60 dB e expressa a capacidade de absorção do ambiente.

Este é o mais conhecido parâmetro acústico qualitativo de uma sala e é considerado o mais importante para salas de aula (KNUDSEN e HARRIS, 1988). O TR depende do volume da sala, da área dos materiais das paredes, pisos e tetos, da quantidade de pessoas, móveis e objetos e da freqüência do sinal em estudo (FERREIRA, 2006).

1.1.2 Ruído de Fundo

O ruído ou barulho são sons indesejáveis para o indivíduo ou captor e varia segundo as características psicológicas desse mesmo captor (SILVA, 1997).

Segundo Losso (2003) o ruído de fundo está sempre presente nas edificações e se origina de diversas maneiras. Qualquer perturbação acústica contribui para o ruído de fundo. Para as salas de aula, o ruído de fundo é todo aquele ruído além da voz do professor.

1.1.3 Isolação Acústica

Conforme Fusco (2005), a isolamento acústica consiste em impedir que um determinado som ou ruído se propague da fonte até o local que se deseja isolar.

O isolamento acústico é um dos parâmetros importantes do controle de ruído nos edifícios, quando se minimiza a passagem do som de um compartimento para o outro (SILVA, 1997).

Na técnica do isolamento acústico é necessário distinguir dois casos: o isolamento do som que se propaga no ar e o isolamento do som que se propaga nos sólidos. O primeiro caso exige como isolantes materiais pesados e densos, enquanto que o segundo caso exige materiais leves (CARVALHO, 1967).

1.1.4 Absorção Sonora

Absorção sonora é a transformação da energia acústica em energia térmica. Quando uma onda sonora encontra uma superfície revestida com um material poroso, se propaga no seu interior e parte da energia é convertida em calor (BERANEK, 1960 *apud* FERREIRA, 2006).

Conforme Carvalho (1967), a relação existente entre a quantidade de energia sonora que incide sobre determinado material e aquela que é refletida por ele é denominado coeficiente de absorção sonora.

1.2 Conceitos em conforto térmico

1.2.1 Parâmetros individuais

Para Frota e Schiffer (2005), o homem é uma animal homeotérmico e seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos – entre 36,1 e 37,2°C – sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para a sobrevivência, em estado de enfermidade.

Elas ainda compararam o organismo do homem assim como de outros seres homeotérmicos a uma máquina térmica na qual sua energia é conseguida através de fenômenos térmicos. Avaliam que não menos importante é o papel da pele nesse processo de controle da temperatura. Ela é considerada como o principal órgão termorregulador do organismo humano. É através da pele que se realizam as trocas de calor. Essa regulação da temperatura da pele ocorre pelo fluxo sanguíneo que a percorre: quanto mais intenso o fluxo, mais elevada sua temperatura. Assim que o homem sente algum desconforto térmico, o primeiro mecanismo fisiológico a ser ativado é a regulagem vasomotora do fluxo sanguíneo.

Frota e Schiffer (2005) descrevem que a vestimenta relaciona-se a uma resistência térmica interposta entre o corpo e o meio ambiente e, também, à permeabilidade ao vapor d'água. A vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção. A quantidade de calor trocada depende da diferença entre a temperatura superficial e o meio, esta diminui à medida que aumenta a resistência térmica. Portanto, quanto mais espessas, menos condutivas e menos permeáveis forem às roupas, maior dificuldade terá o organismo para trocar calor com o meio ambiente.

1.2.2 Parâmetros Ambientais

A temperatura do ar afeta a perda de calor convectivo do corpo do homem e a temperatura do ar expirado por ele. Assim, a perda de calor pelo aquecimento e umidificação do ar expirado é influenciada pela temperatura do ar (MASTER, 2007).

A umidade do ar é outro fator meteorológico que influencia o conforto térmico. Interfere diretamente

em três mecanismos de perda de água do corpo humano: a difusão de vapor d'água através da pele (transpiração imperceptível), a evaporação do suor da pele e a umidificação do ar respirado (MASTER, 2007).

A velocidade do vento é determinante na troca de calor por convecção entre o corpo e meio ambiente. Quanto mais intensa for a ventilação, maior será a quantidade de calor trocada entre o corpo humano e o ar, consequentemente menor será a sensação de calor.

A temperatura média radiante, segundo Frota e Schiffer (2005), corresponde às superfícies opacas visíveis que participam no balanço radiativo com a superfície exterior do vestuário. Este termo é particularmente difícil de definir com exatidão quer pela dificuldade em corretamente avaliar os fatores de forma, quer pela influência da componente refletiva. A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção.

1.3 Conceitos em conforto lumínico

Segundo Fiorin et.al. (2006) a otimização do consumo de energia é um dos atuais desafios enfrentados pela sociedade moderna, devido à crescente escassez dos recursos naturais que, muito provavelmente, trará impactos para as gerações futuras. O uso da energia pela sociedade moderna responde por uma série de impactos ambientais. Uma das formas de minimizar o consumo de energia elétrica e combustíveis é o melhor aproveitamento da iluminância natural. A iluminância natural é uma medida do fluxo fotométrico por unidade de área, consistindo numa grandeza física que fornece informações sobre o fluxo de energia eletromagnética na faixa espectral do visível. Contudo, o olho humano não é igualmente sensível a todos os comprimentos de onda da radiação visível, de maneira que essa sensibilidade é levada em conta na curva de resposta de um medidor de iluminância. Desta forma, a iluminância, medida em Lux (lúmens por m²), representa a curva de resposta do olho humano à radiação solar incidente.

O estudo da iluminância tem aplicações em diversas áreas da atividade humana como, por exemplo, o desenvolvimento de projetos arquitetônicos mais eficientes e a otimização do sistema de iluminação pública através do correto estabelecimento dos instantes de acionamento e desligamento do sistema.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar os níveis de ruído, calor e iluminação a que estão expostos alunos e professores em salas de aula de uma escola pública em Cuiabá-MT.

3 METODOLOGIA

A Escola Estadual João Brienne de Camargo, localizada em área central do município, foi a escolhida para a realização das medições, por apresentar o mesmo partido arquitetônico utilizado em grande maioria das instituições de ensino da rede pública do estado e ter o agravante da localização em área densamente urbanizada.

A edificação tem como fechamento vertical alvenaria em blocos cerâmicos, a cobertura em telha de fibrocimento e laje, piso em granilite e esquadrias metálicas com peitoril de 80cm e de 2m.

Foram realizadas medições das 7h às 11h no período matutino e das 13h às 17h no período vespertino, em duas estações do ano de 2007, no mês de março para o verão e nos meses de abril e maio para o outono.

As medições de acústica foram feitas nos dias 05, 06, 07, 08 e 09/03; 12, 13, 14 e 15/03; 23 e 24/04; 26/04; 02/05; 04/05 e 08, 09 e 10/05, em dezesseis salas de aula de 50,53m² (Tipo 1 e 2) mais o auditório (Figura 1), em dezessete dias não consecutivos, com a sala ocupada por turmas de graus de escolaridade diversos.

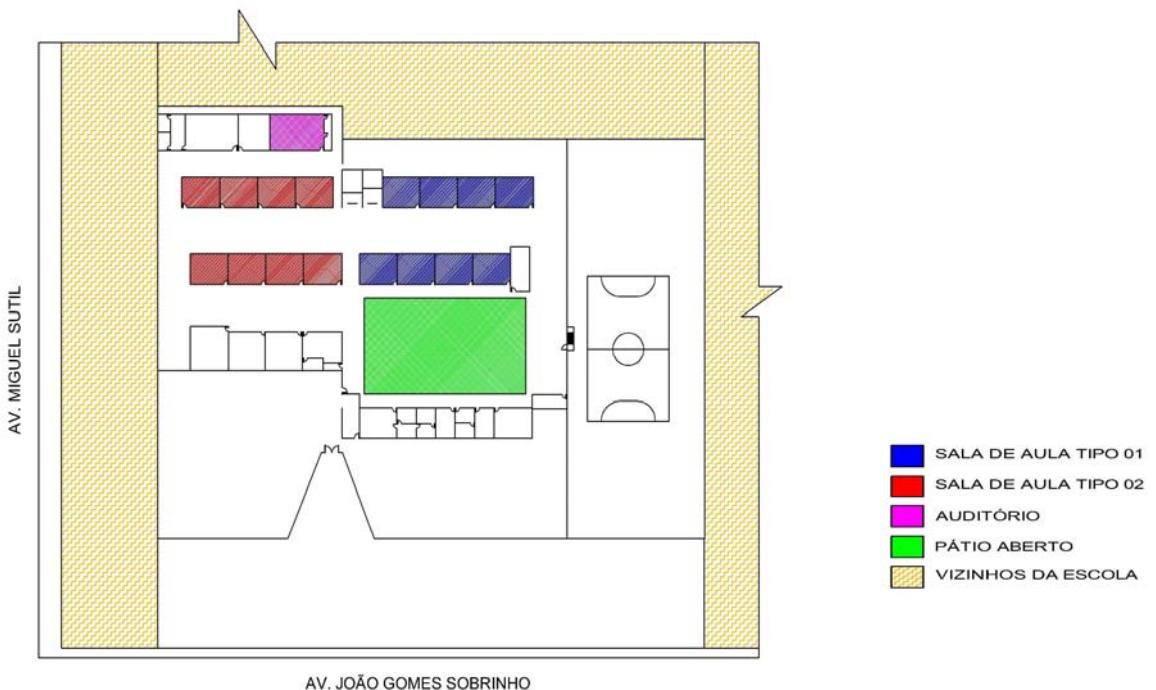


Figura 1 – Implantação da escola e locais de medição do ruído

As medições de calor e iluminação foram feitas nos mesmos dias anteriores acrescentando-se os dias 16/03, 27/04 e 11/05. Foram realizadas a cada hora, em duas salas de aula com área de 50,53m², ocupada por alunos do 3º ano do nível médio no período matutino e da alfabetização no período vespertino. Uma das salas possue revestimento das paredes com azulejos, enquanto que a outra é revestida por tinta látex (Figuras 2 e 3).



Figura 2 – Sala de medição de calor e iluminação



Figura 3 – Sala de medição de calor e iluminação

Para a avaliação das condições ambientais acústicas utilizou-se um medidor de pressão sonora digital, da marca Minipa, modelo MSL – 1325, instalado no centro da sala, aparelho operando no nível de 50 a 100 dB, circuito de compensação A e modo “fast”. Foram feitas leituras do nível de pressão sonora máximo e mínimo relativos a períodos consecutivos de dez minutos, durante toda a jornada escolar. Analisou-se a média dos valores máximos e mínimos medidos e os valores foram comparados com aqueles recomendados pela ABNT 10152 (1987), verificando se as salas de aula apresentam níveis de pressão sonora adequados para a atividade escolar. Não foram efetivadas medições quando da existência de interferências audíveis, como por exemplo, chuva e vento.

Como complemento da avaliação acústica da sala foi calculado o tempo de reverberação nas freqüências de 500 e 2000Hz, considerando as salas de aula ocupadas por vinte e cinco alunos sentados e um professor em pé, conforme SILVA (1997). Os valores obtidos foram comparados com os tempos de reverberação recomendados por WHO (2001) apud ZWIRTES (2006), em função do volume do ambiente e de seu uso para as freqüências de 500 e 2000Hz.

Para a avaliação das condições térmicas ambientais utilizou-se um termômetro de globo modelo TGD-100, marca INSTRUTHERM, instalado 60cm da parede externa da sala, de forma a não interferir no desenvolvimento das atividades escolares. Mediú-se, também, a temperatura de bulbo seco e úmido no exterior das salas, com um psicrômetro, protegido da radiação solar direta por um abrigo termométrico.

Aplicou-se o questionário padrão sugerido por AKUTSU e SATO (1987).

Para as medições de iluminação foram estabelecidos quatro pontos, sendo dois nas laterais, um nos fundos e outro na frente da sala, na altura de 1,10m, possibilitando um acompanhamento da evolução da incidência solar no ambiente em estudo e período estabelecido, nas duas estações do ano. Utilizou-se um luxímetro modelo LD-220, da marca INSTRUTHERM.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Análise do conforto acústico das salas

Analizando-se Figura 5, verifica-se que a média diária dos níveis de pressão sonora mínimos se aproxima do valor recomendado pela NBR10152 (1987), de 45dB para ambientes escolares. Os picos de máxima e mínima são de 97,06dB(A) e de 41,79 dB(A). A média é de 69,76dB(A), ou seja, cerca de 25dB(A) acima do valor recomendado.

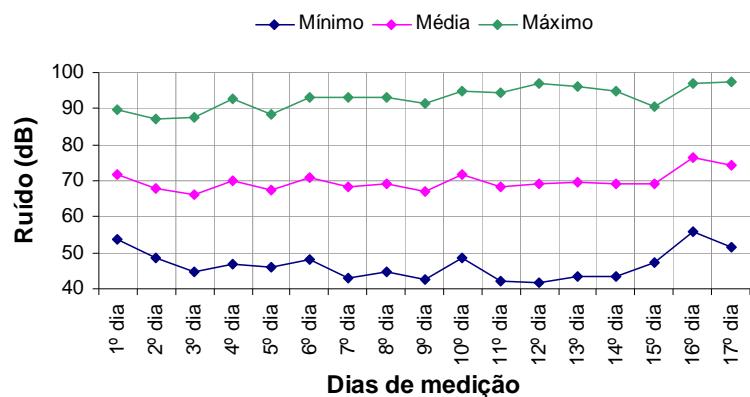


Figura 5 – Médias diárias dos níveis de pressão sonora.

O tempo de reverberação (TR) é um dos parâmetros mais importantes a se verificar quando se fala em conforto acústico de um ambiente. A Tabela 1 mostra os resultados do tempo de reverberação calculados conforme SILVA(1997) para as salas de aula, na qual observa-se que os mesmos encontram-se além da faixa aceitável de 10% para mais ou para menos do tempo ótimo de reverberação.

Tabela 1 – Tempo de Reverberação.

TEMPO DE REVERBERAÇÃO - SALA OCUPADA					
Volume (m³)	Calculado*		NBR 12179/92		
	Recomendado**	Aceitável			
151,59	500Hz	2000Hz	500 e 2000Hz	500 e 2000Hz (-10%)	500 e 2000Hz (+10%)
	1,43	1,36	1,28	1,15	1,41

*Conforme SILVA (1997)

**World Health Association (2001) apud ZWIRTES (2006)

Pode-se concluir acerca do ambiente acústico que o mesmo é inadequado, apontando-se o problema existente dos equipamentos ruidosos, como os ventiladores das salas, pois além de prejudicarem a inteligibilidade da fala, consomem muita energia devido ao tempo de uso e pela falta de manutenção.

O ruído dos ventiladores e o ruído da conversação nas salas de aula que não possuem nenhum tipo de tratamento acústico configura ambientes extremamente insalubres do ponto de vista da saúde auditiva dos profissional professor e dos alunos. Para os primeiros, a longo prazo, podem se manifestar problemas de ordem física e, para os segundos, fica prejudicado o processo de ensino-apredizagem, tendo em vista os efeitos desses níveis elevados de ruído presentes que podem interferir na concentração e capacidade de desenvolvimento de raciocínio e abstração, dentre outros.

4.2 Análise do conforto térmico das salas

Conforme mostra as Figuras 6 e 7, verifica-se que as temperaturas de bulbo seco e úmido médias no interior das salas foram sempre maiores no verão que no outono. Verifica-se, também, maiores amplitude térmicas diárias no outono, característica da estação quente-seca.

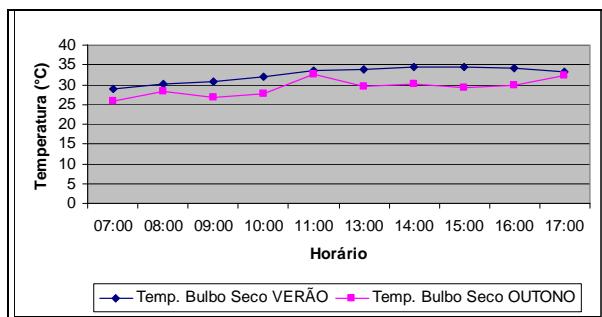


Figura 6 – Média horária da temperatura de bulbo seco no verão e outono

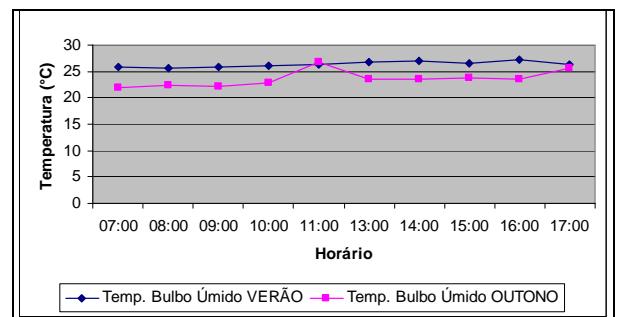


Figura 7 – Média horária da temperatura de bulbo úmido no verão e outono

A Figura 8, mostra a temperatura radiante média nas duas salas, nas duas estações. Observar que a temperatura radiante não difere muito de estação para estação.

No caso da temperatura radiante e de bulbo seco as médias foram em torno de 25°C a 33°C para o outono e de 27°C a 33°C para o verão. No caso da temperatura radiante verificamos ainda um pico em torno das 13h que devido a grande incidência solar no verão apresentou a máxima de 43°C.

A Figura 9, 10, 11 e 12 mostra o resultado da avaliação quantitativa, obtida através dos questionários.

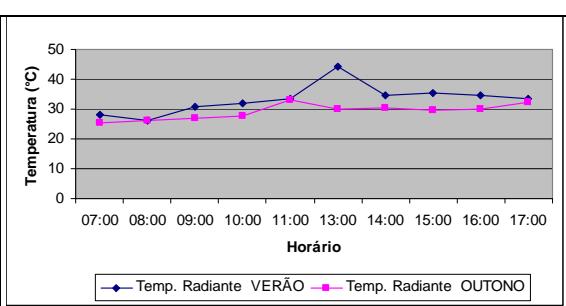


Figura 8 – Média horária da temperatura radiante no verão e outono

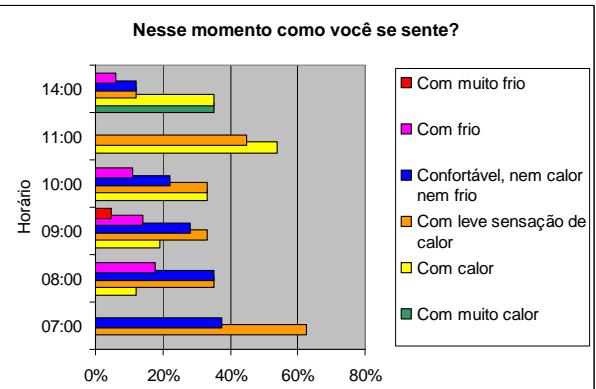


Figura 9 – Média das respostas dos usuários

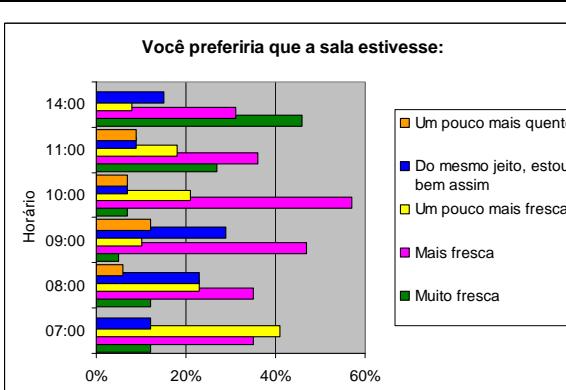


Figura 10 – Média das respostas dos usuários

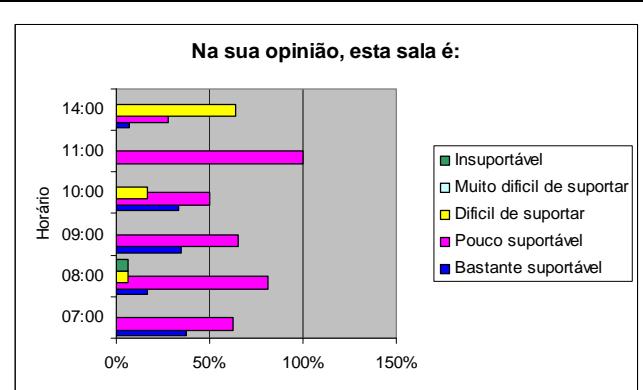


Figura 11 – Média das respostas dos usuários

Pelo tipo de atividade desenvolvida na sala de aula, pelo vestuário dos alunos, pela incidência solar intensa nas fachadas, pelo tipo de material construído e pela insuficiência de aparelhos de ventilação e até a qualidade dos mesmos, os resultados obtidos nos levam a conclusão que as médias encontradas não satisfazem o conforto dos usuários.

4.3 Análise do conforto lumínico

Pela Figura 12 verifica-se que não há predominância de intensidade luminosa de uma estação sobre a outra. Se na temperatura superficial foi verificado que as temperaturas mais altas estavam no verão; no caso da intensidade luminosa, o comportamento em ambas as estações são semelhantes.

É interessante também analisar que quando é verificado os dados do período matutino, a intensidade luminosa é levemente superior no verão do que no outono. Isto pode ser explicado pela posição da edificação com relação ao sol, que no verão tem uma maior incidência na fachada.

Para o tipo de atividade exercida em sala de aula, com leitura e escrita; recomendam-se níveis de iluminância média em torno de 300 lux a 500 lux (no caso de leituras em quadro negro) e conforme gráfico acima, para o ambiente interno, apresentou-se em análise geral, uma distribuição desigual de iluminação: em alguns pontos observou-se a presença de maior intensidade de iluminação (P1) enquanto que em outros pontos como P3 o nível de intensidade é menor. Além disso, verificou-se que no período entre 7 e 8h e a partir das 16h, encontrou-se níveis de iluminação abaixo do recomendado, sendo necessário a utilização de maiores níveis iluminação artificial.

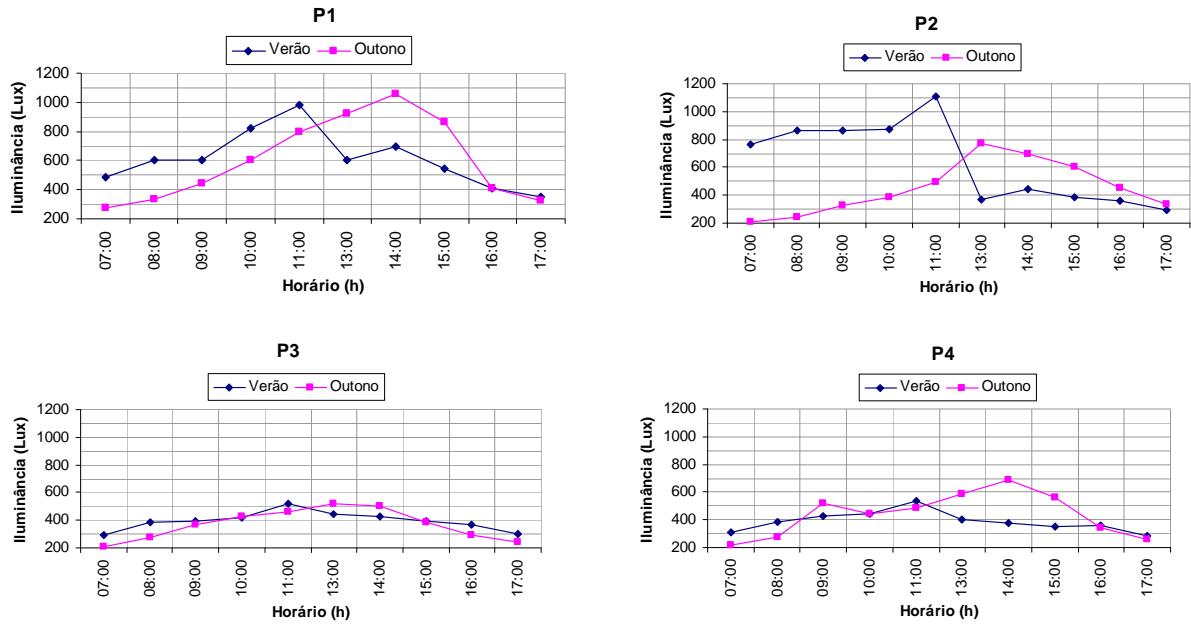


Figura 12 – Níveis de luminância em cada ponto

Em alguns pontos, pode-se verificar que sem a ajuda de iluminação artificial, tem-se o comprometimento para a realização das atividades, principalmente entre 8 e 9h.

Entretanto, foi constatado também que pela grande incidência solar externa que penetrava pela abertura existente; em alguns momentos era necessário manter a porta da sala fechada porque a iluminação natural interferia negativamente nas atividades desenvolvidas em sala.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analizando os resultados, a pesquisa realizada confirmou que não há nenhum tipo de preocupação com a acústica dentro das salas de aula durante a concepção do projeto da escola nos dois tipos de salas.

Os níveis de pressão sonora encontrados foram acima dos recomendados pela ABNT, assim como o tempo de reverberação, o que, em longo prazo, poderá causar problemas não só de ordem física, como também psicológica, além de prejudicar o processo de ensino-aprendizagem. Outro problema são os equipamentos ruidosos, como os ventiladores das salas, pois além de prejudicarem a inteligibilidade da fala, consomem muita energia devido ao fato de serem velhos e não sofrerem manutenção.

É muito importante, na concepção do projeto escolar, levar em consideração sua localização, os materiais utilizados em sala, a forma, ou seja, o partido arquitetônico. Escolas, como essa, localizada próxima a duas grandes avenidas, sofrem com o barulho do tráfego intenso.

Em ambas as salas, verificamos também que as temperaturas superficiais das alvenarias verticais e as temperaturas, radiante, de bulbo úmido e de bulbo seco; apresentam consideráveis aumento de temperatura quando estamos na estação do verão.

Com relação à intensidade luminosa, a posição do terreno com relação ao sol fez que tanto na estação do verão quanto na estação do outono, os níveis de iluminamento fossem altos principalmente entre os horários de pico (às 11h e 13h).

Todos esses dados serviram para demonstrar o desconforto da sala de aula e o questionário respondido por alunos e professores servirão para comprovar essa análise.

Dessa forma, conclui-se que esses ambientes com iluminação má distribuída e com temperaturas elevadas são alguns dos requisitos que proporcionam o desconforto térmico local e contribuem de alguma forma para interferir no desenvolvimento escolar, podendo até mesmo vir a causar um stress térmico.

Para que sejam amenizados estes problemas seria necessário haver uma melhor distribuição de

iluminação artificial dentro da sala e ate mesmo dos ventiladores, garantindo o perfeito funcionamento desses equipamentos e principalmente verificando a qualidade do mesmo de forma a propiciar melhores condições de conforto.

6 REFERÊNCIAS

AKUTSU, M. ; SATO, N. M. N. ; PEDROSO, N. G. . **Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares - Manual de Procedimentos para Avaliação.** São Paulo: IPT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RIO DE JANEIRO, RJ). **Tratamento acústico em recintos fechados: NBR 12179. Rio de Janeiro, 1992.**

_____. **Níveis de ruído para conforto acústico: NBR 10152. Rio de Janeiro, 1987.**

CARVALHO, B.de A. **Acústica aplicada à arquitetura. Rio de Janeiro, 1967.**

FERREIRA, A. M. C. **Avaliação do conforto acústico em salas de aula: Estudo de caso na Universidade Federal Do Paraná.** Dissertação para Mestrado em Engenharia Mecânica - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

FANGER, P.O. **Thermal comfort. Analysis engineering.** United Stades: Mc Graw Hill. Book Company, 1972.

FIORIN, D. V.; PES, M. P.; GUEDES, M.; BERTAGNOLLI, R. F.; GUARNIERI, R. A.;MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; SCHUCH, N. **Estudo da iluminância natural em dias de céu claro em estações da Rede Sonda.** Inpe, 2006.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 2005. 243p.

FUSCO, S. L. **Acústica, controle de ruído:** guia prático para redução do ruído industrial. São Paulo, 2005.

KNUDSEN, V. O.; HARRIS, C. M. **Acoustical designing in architecture.** Acoustical Society of America, 1988.

LOSSO, M. A. F. **Qualidade acústica de edificações escolares em Santa Catarina:** avaliação e elaboração de diretrizes para projeto e implantação. Dissertação para Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

MASTER. **Meteorologia Aplicada a Tempos Regionais.** Acesso em: 09 jun.2007. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/conforto>>.

SILVA, P. Acústica arquitetônica e condicionamento de ar. 3 ed. Belo Horizonte: EDTAL, 1997.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a ELETROBRÁS e a FAPEMAT pelo incentivo e apoio financeiro.