

AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA

Erivaldo Fernandes Coutinho Filho(1), Edlaine Correia S. da Silva(2), Luiz Bueno da Silva (3), Antônio Souto Coutinho(4)

Centro de Tecnologia/ Departamento de Engenharia de Produção/ PROBEX

Resumo

Diversos estudos comprovam que quando o ambiente escolar é *confortável*, ou seja, quando garante a espontaneidade das atividades executadas, a produtividade dos alunos e professores tende a elevar-se consideravelmente. Para que se avalie esta situação, é necessário realizar medições variáveis termofísicas nas salas de aulas das escolas e analisá-las para avaliar o nível de desconforto ou de insalubridade. A escola municipal analisada neste primeiro estudo, no período de junho a dezembro de 2006, foi a Escola Almirante Barroso, localizada no bairro de Cruz das Armas na cidade de João Pessoa. Verificou-se que nenhuma das salas de aula desta escola atende às normas regulamentadoras estabelecidas para *conforto térmico, lumínico e acústico*, sendo, portanto, consideradas *desconfortáveis*.

Palavras-chave: Ambiente escolar, insalubridade, conforto térmico, conforto ambiental.

Introdução

Vários estudos já constataram que a produtividade e a qualidade do trabalho realizado estão diretamente relacionadas com as boas condições do ambiente em que se desenvolvem as atividades. Para que o trabalhador se sinta bem em seu ambiente de trabalho é preciso que ele usufrua de uma situação descrita como *Conforto Ambiental*.

Este conforto ambiental é relativo, pois cada pessoa reage de forma diferente a estímulos externos. No entanto é possível criar um ambiente de trabalho que satisfaça as condições de conforto da grande maioria das pessoas que nele trabalham.

A educação é um dos fatores que mais influem no desenvolvimento de um país e a qualidade de ensino torna-se algo de grande importância para que esta educação seja eficiente. É do ambiente escolar que surgirão os futuros profissionais, que poderão levar o Brasil a patamares de desenvolvimento mais avançados.

Uma boa qualidade de ensino não só depende da capacitação dos professores, mas também das condições físicas das salas de aulas, ambientes em que os mesmos interagem com os alunos. Já que existe relação direta da qualidade e da produtividade com o ambiente de trabalho, pode-se afirmar que as salas de aulas precisam prover os alunos e professores de condições saudáveis, garantindo a espontaneidade de uma das atividades mais importantes para a sociedade.

Para comprovar ou não o fato das mesmas oferecerem boas condições, mediu-se em uma escola da rede municipal de ensino da referida cidade os três parâmetros que compõem o Conforto Ambiental:

1. Conforto Térmico
2. Conforto Lumínico
3. Conforto Acústico

As medições aqui apresentadas foram feitas na escola Almirante Barroso, no bairro de Cruz das Armas, na cidade de João Pessoa.

(1) Aluno(a) Bolsista; (2) Aluno(a) Voluntário(a); (3) Prof(a) Orientador(a)/Coordenador(a); (4) Prof(a) Colaborador(a);
(5) Servidor Técnico/Colaborador

Descrição Metodológica

Como já foi citado, o *Conforto Ambiental* é a interação de três parâmetros principais que devem ser analisadas para se chegar à conclusão sobre o conforto ou a insalubridade de um ambiente.

Conforto Térmico

Um ambiente bem climatizado possibilita conforto e qualidade do ar, podendo aumentar consideravelmente a produtividade e melhor fluidez das tarefas realizadas em ambientes de trabalho. Segundo Águas (2000), uma análise detalhada da influência do ambiente na carga térmica a que está sujeito o indivíduo, requer o conhecimento de quatro parâmetros ambientais básicos:

- Temperatura do ar;
- Temperatura média radiante;
- Velocidade do ar; e
- Umidade absoluta.

Além dessas variáveis, há, ainda, a resistência térmica das vestes e o tipo de atividade desenvolvida.

Através das medições de variáveis, que se definem os parâmetros mencionados, é possível obter uma estimativa mais geral da influência dos mesmos no ambiente.

O conforto térmico está diretamente ligado ao sistema termorregulador, portanto envolve uma sucessão de fatores pessoais que dificultam uma definição objetiva. Logo, o conforto ambiental pode apresentar dois pontos de vista: pessoal ou ambiental. Do ponto de vista ambiental, confortável é o ambiente que possibilita ao organismo humano a manutenção da temperatura interna, sem que o sistema termorregulador entre em ação. Do ponto de vista pessoal, seria uma condição mental que demonstre contentamento com o ambiente térmico.

Geralmente, o homem habita ambientes nos quais a temperatura de sua pele diferencia-se da temperatura do ar e superfícies próximas, o que exige trocas de calor que ocorrem na pele e nas mucosas do aparelho respiratório, através de processos físicos como convecção, radiação, evaporação e ocasionalmente condução. Dessa forma, o *conforto térmico humano* está diretamente ligado à produção de calor metabólico, aos parâmetros ambientais básicos e ao tipo de vestuário do indivíduo.

Conforto Lumínico

É muito comum no Brasil encontrar edificações (pública ou privada) com sistema de iluminação fora dos padrões técnicos. Dentre os problemas mais comuns podem ser citados: iluminação em excesso, falta de aproveitamento da iluminação artificial e uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa.

Os termos básicos usados pela luminotécnica são: fluxo luminoso, iluminância, eficiência luminosa, índice de reprodução de cor (IRC), temperatura de cor, curva de distribuição luminosa, ofuscamento, reflexão, absorção e transmissão de luz. Neste trabalho são focalizados o IRC e o ofuscamento. O primeiro é a medida entre a cor real de um determinado objeto submetido a uma fonte de luz; ou seja, a luz artificial deve permitir que se visualizem as cores reais de um objeto como se o mesmo estivesse submetido à luz natural (luz do Sol). O segundo é um efeito de luz em excesso que dificulta a visão humana, causando desconforto e queda de produtividade.

A iluminação é o principal determinante para o conforto visual, levando em consideração que os ambientes são iluminados para permitir que as tarefas visuais sejam executadas. Uma inadequação dessa iluminação acarretará em danos a saúde visual das pessoas no ambiente e uma piora para os que apresentam problemas de visão. Sendo a leitura a atividade predominante nas salas de aulas, o ambiente deve proporcionar *conforto lumínico* para que possa ser realizada a contento.

Conforto Acústico

Com o advento da Revolução Industrial, a produção se tornou prioridade e desde então o homem deixou em segundo plano o ambiente que trabalha e habita. No século XX, o desenvolvimento tecnológico juntamente com a expansão da industrialização, foi fator determinante para o aumento descontrolado do ruído nos grandes centros. De modo, que a poluição sonora vem se tornando um problema com conseqüências cada vez mais graves, exigindo ações que controlem seus efeitos nocivos.

O ruído é o risco mais presente nos ambientes de trabalho da maioria dos países, sendo causador de doenças e acidentes, além de exigir mais esforço dos trabalhadores nos ambientes onde está presente esse tipo de poluente.

A exposição ao ruído por períodos prolongados em salas de aula pode prejudicar a saúde auditiva de todos os presentes e provocar doenças nas cordas vocais dos professores, interferindo, assim, no rendimento das atividades ensino-aprendizagem.

Segundo Lida (1999), fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, sendo medido em uma escala logarítmica em uma unidade chamada de decibel (dB).

É possível destacar três características principais: freqüência, intensidade e duração. Freqüência de um som é o número de vibrações por segundo, e é expressa em hertz (Hz), subjetivamente percebida como altura do som. A intensidade do som depende da energia das oscilações e é definida em termos de potência por unidade de área (W/m^2). A duração do som é medida em segundos.

Dados Obtidos

O levantamento das variáveis de conforto ambiental na Escola Almirante Barros levou à seguinte análise:

Conforto Térmico

Na análise de conforto térmico levou-se em consideração o clima, a hora e também as fontes de calor presentes no ambiente. As fontes de calor nas salas de aula são transmitidas através das paredes e teto, pelas pessoas e pela iluminação.

A instrumentação necessária para as medições de temperaturas é composta de um tripé regulável que pode atingir a altura de 1,70m, no qual são instalados um termômetro de globo (globo preto-fosco), outro de bulbo seco e um terceiro cujo bulbo é introduzido num pavio de algodão mergulhado num *erlenmayer*, contendo água destilada, chamado de bulbo úmido. Eles servem para medir a influencia da radiação de calor dos corpos, do ar seco e da umidade do ar, respectivamente.

A velocidade relativa do ar foi considerada inferior a **0,10 m/s**. Conforme a Norma NHO – 06, adaptada da norma ISO 9920, considerou-se o isolamento térmico do vestuário usados pelos alunos e professores igual 0,35 clo. A atividade pode ser avaliada como sedentária consumindo um taxa metabólica de **98,2 W/m²**.

A seguir é apresentada uma série de quadros com dados obtidos em cada ambiente analisado da Escola Almirante Barroso.

Quadro 1 - Média das Medições de Temperatura das Salas de Aula - Umidade relativa do ar: 66%

Tg (°C)	Tbs (°C)	Tbu (°C)
29,11	29,08	24,32

(4)

Temperatura Ambiente: 29,09° C

Nas tabelas anteriores, temos os seguintes símbolos:

Tg – Temperatura de globo

Tbs – Temperatura de bulbo seco

Tbu – Temperatura de bulbo úmido

Análise de conforto térmico

A análise teve por base a *Norma ISO 7730/94 – Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Para isso, em cada ambiente foram aplicadas temperaturas correspondentes a cada quadro anterior e foram assumidos os já ditos seguintes valores:

Velocidade relativa do ar = 0,10 m/s

Taxa metabólica = 92,8 W/m²

Resistência térmica das vestes = 0,35 clo

A referida norma utiliza o índice PMV (Predicted mean vote), proposto por Fanger (1970), para calcular a probabilidade de uma das seguintes sensações térmicas proporcionadas por um ambiente:

- 3 – Muito frio
- 2 – Frio
- 1 – Leve sensação de frio
- 0 – Neutralidade térmica
- +1 – Leve sensação de calor
- +2 – Calor
- +3 – Muito quente

A norma contém tabelas referentes a cada tipo de atividade. Entrando com a resistência térmica da roupa, a temperatura do ar e a velocidade relativa, obtém-se um valor de PMV, que é comparado com a escala anterior. Como as referidas tabelas foram elaboradas para ambientes com umidade relativa de 50%, foi necessário que se fizessem correções para os valores obtidos nos ambientes estudados.

Comparando com a tabela de sensações térmicas concluiu-se que o ambiente provê **uma sensação que varia entre *levemente quente e quente***.

A Norma 7730/94 também permite calcular a percentagem de pessoas que estariam insatisfeitas com as condições térmicas de um determinado ambiente. Trata-se do índice PPD (Predicted percentage of dissatisfied) que, no caso em estudo representou cerca de 55%.

De acordo com os dados analisados, chega-se a conclusão que, de acordo com a Norma ISO 7730/94, os ambientes da Escola Almirante Barroso não oferecem conforto térmico aos seus docentes e discentes, haja vista que a percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas é superior a 10%.

Conforto Lumínico

Uma das principais variáveis utilizadas para avaliação de conforto lumínico é a iluminância, definida como relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a unidade de área dessa superfície. A medição da iluminância é feita por um fotômetro calibrado em lux, denominado especificamente de luxímetro. A maioria dos fotômetros trabalha a base de fotocélulas de selênio, metal que é capaz de transformar a luz incidente em impulsos elétricos e assim gerar uma medida.

Neste trabalho aplicou-se a norma brasileira NBR 5382/1985 e um luxímetro da marca Phywe.

Especificamente as salas se enquadram com um *campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras*. Conforme a norma NBR 5382/1985, iluminância média para esse padrão de ambiente é dada pela equação:

$$IL_m = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

Onde:

N = Número de luminárias por fila

M = Número de filas

De acordo com a norma brasileira NB-57/1991, a iluminação das salas de aulas deve estar no entorno de 300 lux. Foi possível observar com as medições que a iluminância média

varia entre 117,82 e 194,28. Pode-se concluir que o ambiente não fornece conforto lumínico para aqueles que exercem atividades no mesmo.

Quadro 2 - Medições de iluminância das salas de aulas

Sala	Il _{méd}	Il _{cal}	CLN
01	132,62	127,78	4,83
02	117,82	109,65	8,17
03	141,97	138,94	5,57
04	157,22	151,65	5,57
05	194,28	186,01	8,27

(5)

Legenda:

IL_{med}: Iluminância Média

IL_{cal} : Iluminância Calculada (IL_{med} - CLN)

CLN: Contribuição da Luz Natural

Conforto Acústico

Por fim seguem-se as considerações sobre o conforto acústico. Neste caso, a variável de interesse é o ruído. Os ruídos são medidos por um instrumento chamado decibelímetro, o qual permite medir o nível de pressão acústica, expressado-o em decibéis (dB). O decibelímetro consiste em um microfone de medição que converte um sinal acústico em um sinal elétrico equivalente. Posteriormente o sinal entra em um detector, cuja função é converter os sinais recebidos em valores numéricos.

De um modo geral, o ruído pode ser definido como um som indesejável, ou seja, toda sensação auditiva desagradável ou insalubre. No ambiente escolar, o ruído não é apenas um incômodo, mas interfere no rendimento das atividades de ensino.

Como as salas de aulas eram próximas e semelhantes, foi possível considerar as médias entre as mesmas, obtendo-se os valores constantes do Quadro 6.

Quadro 3– Níveis de ruído nas alas de aula em dB

Data: 28/09/2006

Horário: A partir das 15:30 h

N	Li	Leq = $10^{0,1 \cdot Li}$
1	76,4	$4,3652 \cdot 10^7$
2	73,4	$2,1878 \cdot 10^7$
3	79,4	$8,7096 \cdot 10^7$
		76,62

A norma brasileira NBR 10152/1999, que fixa o nível máximo de ruído para cada ambiente, estabelece que, para salas de aulas, o nível deve ser de 40 a 50 dB. Pode-se concluir que nenhuma das salas avaliadas oferece condições de conforto acústico para professores e alunos. Dentre os problemas que esta situação pode acarretar tem-se:

1. Desgaste da voz do professor, por uso prolongado acima de seu nível normal
2. Incômodo ao ministrar aulas em salas ruidosas
3. Dispersão por parte dos alunos
4. Interferência na comunicação e conseqüentemente na qualidade do ensino

Conclusão

Comparando-se os resultados obtidos na Escola Almirante Barroso, constata-se que as condições termoambientais da escola não estão de acordo com o estabelecido pela Norma ISO 7730/94 uma vez que, de acordo com a tabela de sensações térmicas, devidamente corrigida, a sensação térmica oferecida pelo ambiente aos alunos e professores está entre *levemente quente e quente*; além disso, espera-se que essas sensações impliquem uma percentagem de pessoas insatisfeitas de aproximadamente 55%.

As conseqüências desse estado é que o excesso de calor dificulta a concentração, causa inquietação e afeta o desempenho dos mesmos. A umidade pode provocar sonolência e

aumento de suor. Tais fatores, nem sempre diagnosticados, podem causar estresse e, depois de maior permanência, causar doenças mais complexas. Se as trocas de calor entre o organismo humano e o meio ambiente forem prejudicadas pode-se chegar ao ponto de ocorrer um estresse térmico.

Os resultados obtidos com relação às condições lumínicas das salas de aula não estão de acordo com a norma brasileira NBR – 57/1991, que estabelece que a iluminação em salas de aula deve ser de 300 lux, através das medições obteve-se uma iluminância média que varia entre 117,82 e 194,28 lux. Portanto, não oferece *conforto lumínico* para os que exercem atividade de docência e aprendizado, mas causam sensação de desconforto visual, que pode variar desde ardor nos olhos e vermelhidão da conjuntiva até à fotofobia, podendo vir acompanhado de outros sintomas, tais como cefaléia, sensação de vertigem e irritabilidade.

As medidas obtidas com relação à acústica mostram, também, que nenhuma das salas de aula avaliadas oferece condições de *conforto acústico* para professores e alunos, pois a média do nível máximo de ruído em todas elas está acima do estabelecido pela norma brasileira NBR 10152/1999, que fixa o nível máximo de ruído para ambientes de sala de aula e laboratório entre 40 e 50 dB ou Li. A média encontrada nas medições varia entre 67,9 e 87,9 dB ou Li, ou seja, muito acima do estabelecido, entrando no limite do desconforto. A exposição constante ao ruído pode provocar deterioração auditiva, queda no rendimento laboral, lesão nas vias auditivas e estresse.

Tendo em vista os resultados obtidos conclui-se que se devem buscar alternativas para a melhoria das condições térmicas, lumínicas e acústicas da escola, conforme as normas estabelecidas pela legislação em vigor, para que a saúde e o conforto dos professores e alunos possam ser preservadas, e, em consequência, obtenha-se o rendimento desejável de aprendizagem, objetivo dos estabelecimentos escolares.

Melhorias na estrutura física das salas de aula, como utilização de janelas para favorecer a ventilação e luz natural, uso de materiais com elevada capacidade de armazenamento térmico e baixo coeficiente global de perdas, sistemas de sombreamento, revestimento das paredes com materiais fibrosos e emprego de cortinas espessas que reduzam a verberação, são algumas das soluções viáveis a serem adotadas para tornar o ambiente *confortável*.

É importante ressaltar que os gastos que venham a ocorrer na busca do alcance ao conforto correspondem a um investimento para a saúde e bem estar dos professores e dos alunos das escolas municipais de João Pessoa, e refletirão positivamente na melhoria dos índices de aprendizagem, desde que levadas em consideração na elaboração, construção e implantação de futuras edificações escolares.

Referências Bibliográficas

NHO – 06 (Norma de Higiene Ocupacional)
NR – 15/ 1978 (Atividades e Operações Insalubres)
NBR – 57/1991
NBR 10152/1999
NBR 5382/1985

RUAS, Álvaro Cesar. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**, São Paulo-Fundacentro. 1999.
COUBE, Carmen Zaramella Vono. **Ruídos em escola [por] Carmen Z. Vono Coube, Maria Cecília Bevilacqua [e] João Candido Fenandes**. Bauru: HRAC-USP, 1999
COUTINHO, A. S., 2005, **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**, 2ª edição - Editora Universitária/UFPB/PPGEP, João Pessoa, PB, 179p.
IIDA, I., **Ergonomia - Projeto e Produção**. Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo 1990, 239p.