

Conforto térmico em salas de aula e influência no aproveitamento escolar

MARIA DOLORES APARECIDA BALDINI*
ANTONIO CARLOS TAVARES*

INTRODUÇÃO

Entre os problemas que têm sido estudados pela Climatologia está o papel que os atributos climáticos desempenham na sensação de bem-estar sentida pelo homem. Como um ser de temperatura constante, o homem não realiza trocas de calor com o meio somente através dos processos de transmissão e radiação, mas, pelo contrário, dependendo de seu metabolismo e das atividades por ele exercidas, apreciáveis quantidades de energia podem ser incorporadas ao ar, na forma de calor latente, com o desencadeamento da exsudação.

A medida que as temperaturas se tornam mais elevadas, o organismo humano, como defesa, passa a transpirar. As altas temperaturas facilitam a evaporação do suor, que se incorpora à atmosfera. A energia utilizada nesse processo permanece no ar como calor latente e deixa, portanto, de aquecer o ambiente em torno do indivíduo, dando-lhe uma sensação de melhoria no conforto térmico.

É preciso salientar, entretanto, que as temperaturas a partir das quais há percepção de desconforto variam bastante entre os indivíduos. As pessoas do sertão nordestino têm concepção de calor diferente daquela apresentada pelo morador dos altos do Planalto Meridional. O homem habituado às latitudes médias e elevadas avalia o calor de forma diferente daquele acostumado às latitudes tropicais.

Tendo em vista que a evaporação do suor é importante na sensação de conforto, a umidade relativa do ar passa a ser outro fator de realce na análise desse assunto. Se ela estiver alta, tornando a temperatura do ar próxima da temperatura do ponto de orvalho, a evaporação, mesmo em dias quentes, será dificultada, resultando no acúmulo das gotículas de suor sobre a pele, o que provoca a sensação desagradável de umedecimento do corpo. Assim, combinando-se os valores térmicos e higrícos, ver-se-á que quanto maior forem as temperaturas mais baixos terão que ser os valores

* Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, UNESP — Campus de Rio Claro.

de umidade relativa, a fim de que as pessoas sintam o ambiente como confortável.

Quando a ação do vento é intensa sobre o organismo humano, acelera-se o processo de evaporação, dando ao homem uma impressão de conforto, principalmente sob condições de tempo com temperaturas elevadas. Todavia, sob a ação de baixas temperaturas, o vento pode causar efeito contrário, isto é, fazer com que o corpo humano venha a perder mais calor do que possa ser suprido pelo metabolismo, ocasionando sensação maior de desconforto pelo frio. Em tais circunstâncias o homem pode utilizar o vestuário para sanar tal deficiência.

O objetivo desse estudo foi verificar se há adequação de salas de aula do campus universitário de Rio Claro — UNESP às condições climáticas locais, a fim de permitir aos alunos e professores, tanto quanto possível, boas condições de trabalho e aprendizagem. A partir da adoção de índices de conforto buscou-se a existência de relações entre o aproveitamento dos alunos e as características microclimáticas das salas.

Tendo em vista que a preocupação foi com o conforto térmico sentido por pessoas, em ambientes confinados, deu-se maior importância ao estudo da temperatura e da umidade relativa, pois a circulação do ar, nos locais levantados, mostrou-se precária.

LEVANTAMENTO DOS DADOS

Foram mensurados, durante o ano letivo de 1984, de abril a novembro, com um termo-higrômetro posicionado ao nível das carteiras, as temperaturas e as umidades relativas das salas de aula números 15 e 16, do edifício denominado de Hexágono, localizado junto ao IGCE — UNESP em Rio Claro — SP. A idéia era de que tais mensurações fossem ao menos semanais, durante o transcorrer das aulas realizadas naquelas salas, o que acabou não acontecendo em virtude de uma série de razões: greve do corpo docente abrangendo três semanas consecutivas, trabalhos de campo e excursões didáticas realizadas nos dias em que estavam previstas medidas e feriados.

Paralelamente às mensurações, aplicava-se, em alguns dias, para grupo de pessoas com idade predominante em torno de 20 anos, um questionário com o intuito de verificar de que forma a população presente nas salas sentia o ambiente. Do questionário constavam duas perguntas. A primeira indagando se o ambiente climático no interior da sala era confortável e a segunda, no caso da primeira questão ter sido respondida negativamente, buscava o motivo da sensação de desconforto: o frio ou o calor.

As duas salas, onde foram feitos os levantamentos, têm formas similares. A de número 16 fica no pavimento térreo e tem as janelas voltadas para oeste, enquanto a de número 15 está situada no pavimento superior, tem sobre si a cobertura do edifício que é de telhas de zinco e forro de eucatex e suas janelas estão dispostas para leste. Como os dados foram coletados no período da manhã a sala 15 era, durante a mensuração, atingida pelos raios solares.

BUSCA DE UM ÍNDICE DE CONFORTO

O primeiro passo após a aplicação dos questionários consistiu na busca de um índice de conforto, cujos parâmetros se ajustassem às respostas obtidas.

A primeira tentativa recaiu sobre o nomograma apresentado por Terjung (1966) ao propor uma classificação bioclimática para os E.U.A., porque ele já havia sido testado por Costa (1979) ao buscar um índice de conforto humano para o Estado de São Paulo e esse autor concluiu, diante das entrevistas por ele realizadas, que era essa a proposta que mais se ajustava ao Estado de São Paulo, adaptando-a, portanto, para uso nas regiões tropicais.

Confrontando as respostas dos questionários ao índice proposto por Terjung e adaptado por Costa, algumas dificuldades tornaram-se evidentes para sua aceitação. Plotando-se os dados no nomograma verificou-se que os valores térmicos variaram entre 20°C e 30°C e os higrométricos entre 40% e 70%. Com isso dispuseram-se nas classes confortável e quente e, por deixarem de abranger as demais, dificultaram a comparação dos resultados. Por outro lado as respostas que davam o ambiente como confortável e aquelas que o consideravam desconfortável, quando assinaladas no nomograma, permaneceram bastante entrelaçadas, não confirmando os limites propostos para separação das classes confortável e quente e nem deixando transparecer qualquer tendência que permitisse sugestão para modificá-lo.

Testou-se, em seguida, o nomograma apresentado por Arléry, Grisollet e Guilmet (1973), constatando-se que quando as temperaturas superavam 27°C e as respostas dos questionários davam o ambiente como desfavorável, os dados eram plotados na faixa em que os autores consideraram como sendo de sensação de calor ou junto aos seus limites. No entanto, para temperaturas inferiores àquela, os limites entre as zonas de conforto e de sensação de calor não coincidiram com as respostas obtidas das pessoas entrevistadas.

O terceiro índice testado foi obtido dos trabalhos de Costa (1979) e de Miotto (1980). Consta de um nomograma que contém somente duas classes: uma de conforto para sujeitos adaptados ao clima tropical e outra de desconforto. A plotagem dos dados mostrou que para valores térmicos abaixo de 25°C eles dispunham-se na zona de transição entre o confortável e o desconfortável, mas, para temperaturas mais altas, eles concentraram-se todos dentro da zona de conforto, contrariando as respostas dos questionários.

Da análise das três tentativas e com os resultados das entrevistas, considerou-se como ambientes quentes e desfavoráveis aqueles com temperaturas superiores a 27°C... , pois todas as respostas dadas nos questionários mostraram esse fato. Aliás, isto é caracterizado quando utilizados os nomogramas de Arléry, Grisollet e Guilmet (1973) e de Terjung, adaptado por Costa (1979), desde que os valores de umidade relativa sejam, no mínimo, de 55% a 40%, respectivamente. Para temperaturas entre 20°C e 27°C, as respostas das entrevistas mostraram ser essa uma zona de transição, com as sensações sentidas sendo peculiares a cada indivíduo.

Esse fato ficou, até certo ponto, comprovado através do nomograma contido nos trabalhos de Costa (1979) e Miotto (1980), que se diz ser ajustado para regiões tropicais.

A fim de ser determinado um limite entre o que seria confortável e desconfortável, para que se pudesse classificar os dados térmicos entre 20°C e 27°C, foram tomados todos os valores de temperatura e umidade relativa entre esses extremos, aos quais tinha sido atribuído uma sensação de desconforto nos questionários e ajustou-se-lhes uma regressão linear, através do método dos mínimos quadrados. Refinou-se a equação, descartando-se pontos muito afastados e localizados acima da reta, partindo-se da pressuposição de que se a 26°C, por exemplo, com umidade relativa a 60%, o ambiente é desfavorável, com 75% ele seria ainda pior. A equação resultante tornou-se então:

$$Y = -2,45 X + 121,25$$

onde: X é a temperatura e Y a umidade relativa acima da qual, para cada valor de X entre 20°C e 27°C, o ambiente foi considerado desfavorável.

Tendo em vista que, para 13 casos, com 2 graus de liberdade, o coeficiente de correlação de Pearson prevê um nível de confiança acima de 99% para valores superiores a 0,684, o coeficiente de correlação obtido de -0,81 pode ser considerado bastante satisfatório.

Desse modo, para temperaturas de 27°C o ambiente foi considerado desagradável quando a umidade relativa superou 55%, enquanto para 20°C o valor limite da umidade relativa para o ambiente ser tomado como desfavorável passou a ser de 72% (Fig. 1).

Plotando-se a reta estabelecida no nomograma de Arlery, Grisollet e Guilmet (1973), verificou-se que ela se encaixou, perfeitamente, como uma prolongação do limite das zonas de conforto e de sensação de calor, demonstrando que, ao menos nessa faixa, ele poderia ser adaptado para regiões tropicais, desde que se contasse com maior número de informações (Fig. 2).

Deste trabalho foram descartadas as sensações de desconforto por frio, visto que dentre cerca de 80 questionários, só 4 entrevistados optaram por essa alternativa, não dando qualquer possibilidade de demarcação dos limites com a faixa de conforto.

ANÁLISE DOS DADOS E RELAÇÕES COM O APROVEITAMENTO ESCOLAR

A Tabela 1 retrata as ocorrências de dias considerados confortáveis ou desconfortáveis. Vê-se que o número de medições efetuadas na sala 15 superou as realizadas na sala 16, quando seria desejável que elas tivessem sido equivalentes e também que as mensurações foram realizadas de forma irregular ao longo dos meses abrangidos pelo estudo, quando seria aconselhável que elas tivessem se distribuído de forma equitativa. Porém, mesmo com esses problemas, pode-se verificar que na sala 15 a sensação de desconforto foi mais acentuada do que na sala 16, pois lá, em 50% das observações realizadas, esse fato foi constatado, enquanto na outra sala isso ocorreu em 35% das ocasiões. Isso já era esperado pelo fato de a sala

Fig. 1 - Umidade relativa para sensações de desconforto, com temperaturas entre 20°C e 27°C.

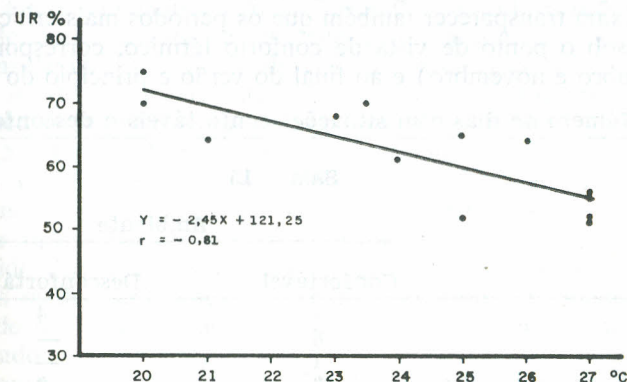
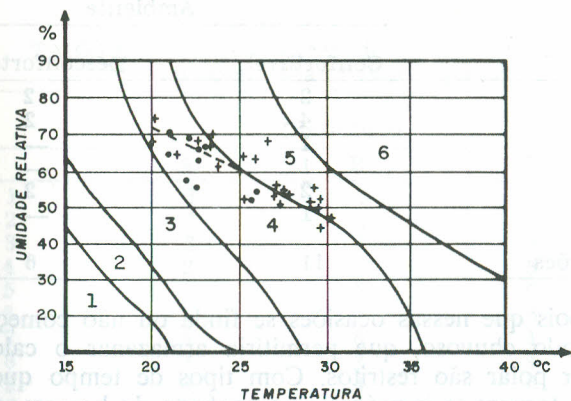


Fig. 2 - Nomograma para estabelecimento de sensações de conforto, segundo Arlery, Grisollet e Guilmet (1973).



- | | |
|--|----------------------------|
| 1 - FRIO INSUPOORTÁVEL | - - - MODIFICAÇÃO SUGERIDA |
| 2 - FRIO | • CONFORTÁVEL |
| 3 - CONFORTÁVEL COM TENDÊNCIA PARA FRIO | + DESCONFORTÁVEL |
| 4 - CONFORTÁVEL COM TENDÊNCIA PARA CALOR | |
| 5 - CALOR | |
| 6 - CALOR INSUPOORTÁVEL | |

DES. GILBERTO D'ENRIQUE.

15 estar no andar superior, absorvendo a energia conduzida por um telhado inadequado e de ser diretamente afetada pela insolação matinal. Como as salas possuem vitrôs com grandes áreas cobertas por vidros fixos, nelas o efeito de estufa exercido por ação dessas janelas é considerável, pois há penetração dos raios de ondas curtas provenientes da radiação solar e retenção da energia de ondas longas originada do interior.

Os dados deixam transparecer também que os períodos mais críticos para o uso da sala, sob o ponto de vista de conforto térmico, correspondem à primavera (outubro e novembro) e ao final do verão e princípio do outono

TABELA 1 — Número de dias com situações confortáveis e desconfortáveis

| Meses | Sala 15 | |
|----------------------|-------------|----------------|
| | Ambiente | |
| | Confortável | Desconfortável |
| Abril | 1 | 4 |
| Maió | 6 | — |
| Junho | 1 | — |
| Agosto | 3 | 2 |
| Setembro | 2 | — |
| Outubro | — | 4 |
| Novembro | — | 3 |
| Total de mensurações | 13 | 13 |

| Meses | Sala 16 | |
|----------------------|-------------|----------------|
| | Ambiente | |
| | Confortável | Desconfortável |
| Abril | 2 | 2 |
| Maió | 4 | 2 |
| Junho | 1 | — |
| Agosto | 1 | — |
| Outubro | 2 | 2 |
| Novembro | 1 | — |
| Total de mensurações | 11 | 6 |

(março e abril), pois que nessas ocasiões se finda ou não começou com intensidade o período chuvoso, que permitiria armazenar o calor e os resfriamentos do ar polar são restritos. Com tipos de tempo quentes os ambientes das salas tornam-se impróprios ao conforto do homem.

Muito embora o inverno, com temperaturas mais baixas, seja mais propício às situações de conforto, ainda assim ocorreram situações desfavoráveis, demonstrando a impropriedade do edifício onde estão localizadas as salas, para a finalidade a que se destina. Esse aspecto fica ainda melhor demonstrado pelo fato de que as mensurações foram realizadas no período da manhã, portanto em horário distante da ocorrência das máximas temperaturas.

A partir da pressuposição de que na sala 15, de modo global, as situações de desconforto térmico apresentam-se com maior frequência, procurou-se verificar se havia evidências disso no aproveitamento escolar de um grupo de universitários que freqüentavam aulas nas duas citadas salas.

Tomou-se, para isso, as notas das provas de 4 disciplinas: A e B, que foram cursadas na sala 15 e C e D, que foram cursadas na sala 16. A fim de tentar eliminar a maneira peculiar de cada professor avaliar esse grupo de alunos, adotou-se um critério de padronização das notas atribuídas, considerando-se a maior delas como sendo igual a dez e a menor igual a zero. As demais foram interpoladas entre esses valores.

As médias aritméticas das notas padronizadas foram: A = 4,8; B = 5,5; C = 5,5 e D = 6,1. Embora a média aritmética da disciplina A, cursada na sala 15, tivesse sido ligeiramente inferior à mediana, enquanto a da disciplina D, ministrada na sala 16, a tivesse superado em um ponto, não se pode dizer, principalmente em razão dos outros resultados, que isso tenha sido decorrente dos locais em que as aulas foram dadas. O próprio fato das médias aritméticas situarem-se próximas da mediana é um indicativo de que, em ambas as classes, o aproveitamento ocorreu tal como o esperado.

Por outro lado o exame da Tabela 2 mostra que, em todos os casos, o número de notas abaixo da mediana foi menor do que aquelas localizadas acima, nas proporções de 0,78 para a disciplina A; de 0,71 para B e C e de 0,19 para a disciplina D, levando a crer que em sua maioria os alunos estavam tendo aproveitamento superior à média. A discrepância maior ficou ainda por conta da disciplina D, cuja distribuição de frequência registrou a não ocorrência de notas entre os valores 1 e 4.

TABELA 2 — Distribuição de frequências das notas padronizadas das disciplinas

| Classes | Disciplinas | | | |
|---------|-------------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 0 — 1 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 1 — 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 2 — 3 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 3 — 4 | 2 | 5 | 3 | 0 |
| 4 — 5 | 4 | 3 | 7 | 3 |
| 5 — 6 | 5 | 2 | 6 | 9 |
| 6 — 7 | 4 | 6 | 4 | 3 |
| 7 — 8 | 3 | 3 | 4 | 6 |
| 8 — 9 | 3 | 4 | 6 | 1 |
| 9 — 10 | 3 | 2 | 1 | 2 |

Para verificar a existência de similaridade entre as distribuições de frequências das notas, foi aplicado o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov, detalhado por Siegel (1975). Este teste compara duas amostras entre si e verifica a hipótese de que ambas provêm da mesma população ou de populações com idênticas distribuições de frequência (hipótese H_0). Para

que H_0 seja aceita as curvas cumulativas das duas amostras deverão se apresentar bem próximas uma da outra. Isso fez com que o primeiro passo fosse calcular as distribuições de frequências acumuladas de cada amostra, procurando-se, em seguida, pela maior diferença das frequências acumuladas entre os pares de amostras (dn). Para saber se os resultados obtidos são significativos, os valores de dn foram comparados com distâncias críticas dt , que ao nível de significância de 0,001, considerando áreas de confiança bilateral, resultam da fórmula:

$$dt = 1,95 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

onde, n representa o número de indivíduos de dada amostra. Nos casos em que $dt > dn$, aceita-se H_0

Os resultados da aplicação do teste Kolmogorov-Smirnov estão expressos na Tabela 3 e mostram que as populações testadas apresentam distribuições de frequência similares. A disciplina D foi aquela que maior diferença apresentou em relação às demais e a explicação encontrada para isso reside no fato de que ela foi ministrada por dois professores e as notas finais, com certeza, resultaram de diferentes critérios de avaliação.

TABELA 3 — Aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov às distribuições de frequência das notas padronizadas das disciplinas. Diferenças significativas ao nível de 0,001

| Disciplinas | dn | dt | distribuições iguais | distribuições desiguais |
|-------------|------|------|----------------------|-------------------------|
| A x B | 0,11 | 0,50 | x | |
| A x C | 0,11 | 0,47 | x | |
| A x D | 0,28 | 0,52 | x | |
| B x C | 0,10 | 0,49 | x | |
| B x D | 0,27 | 0,53 | x | |
| C x D | 0,26 | 0,51 | x | |

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se emitir as seguintes conclusões:

1 — os índices de conforto térmico, que se utilizam da temperatura e umidade, desenvolvidos a partir de sensações obtidas nos países de latitudes médias, não são adequados para expressar o mesmo fato nas regiões inter-tropicais, pelo menos em ambientes confinados. Dos índices testados, o de Arléry, Grisollet e Guilmet (1973) foi aquele que mais se aproximou das respostas fornecidas pelos questionários e, talvez, o desenvolvimento de trabalhos nessa linha de pesquisa possa adaptá-lo para uso nas baixas latitudes. De qualquer modo esse é um campo da Climatologia que ainda permanece aberto aos pesquisadores, à espera de soluções mais compatíveis com a realidade do homem dos trópicos;

2 — as condições oferecidas pelas salas de aulas mencionadas fogem aos padrões de conforto humano estabelecidos na elaboração do trabalho. Isto é decorrente da inadequação do tipo de material empregado na construção do prédio e do estilo arquitetônico escolhido para a edificação. Por essa razão elas apresentam, com muita frequência, ambientes desconfortáveis, mesmo durante o período de inverno. Essa situação só é melhorada porque os meses mais quentes do ano (dezembro, janeiro e fevereiro) coincidem com as férias escolares. Esse é um problema que, embora de competência de arquitetos e engenheiros, requer a participação e a análise crítica de geógrafos e de outros membros da comunidade científica, no sentido de que aqueles profissionais venham a incorporar em seus projetos a preocupação com o bem-estar do homem que os utilizará, pois, no presente, salvo raras exceções, essa perspectiva não existe, como já demonstraram Vasques e Tavares (1984) ao analisarem o comportamento térmico do interior de residências;

3 — segundo a resposta do teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov aplicado para verificar a similaridade entre os resultados obtidos nas avaliações das disciplinas, pode-se observar que apesar da sensação de desconforto evidenciada pela pesquisa, o aprendizado foi satisfatório, o que denota a capacidade de adaptação climática do ser humano. Todavia é necessário salientar que na possibilidade de obter-se condições favoráveis para o melhor aproveitamento do potencial intelectual do indivíduo, isto deve ser feito, seja na escolha do local para as edificações que servem às instituições de ensino, como nas normas de construções que melhor se adaptem às condições climáticas locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arléry, R.; Grisollet, H. & Guilmet, B. *Climatologie: Méthodes et Pratiques*, 2.ª ed. Paris: Gauthier — Villars. 1973.
- Costa, W.G. da *Aspectos Bioclimáticos: índice de conforto humano para o Estado de São Paulo*. Rio Claro: UNESP. 1979.
- Miotto, S.L., *Coberturas*. São Carlos: Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia — USP. 1980.
- Siegel, S., *Estatística não Paramétrica para as Ciências do Comportamento*. São Paulo: Mac Graw Hill. 1975.
- Terjung, H. W. "Physiologic Climate of the Conterminous United States: bioclimatic classification based on man". *Annals of the Associations of American Geographers*. 1966.
- Vasques, A.C.B. & Tavares, A.C. "Estudo da Variabilidade Térmica em Residências". *Documentos Geográficos da ARGEO*, n.º 11. 1984.

ABSTRACT: — THE CLASS-ROOM THERMAL COMFORT AND THE STUDENT APPRENTICESHIP

The present paper makes considerations on the class-room thermal comfort, using temperature and relative humidity dates and comparing with students comfort perception. It focuses also the relations among the class-room discomfort situations and the students apprenticeship. This led to conclusions about the comfort indices employed as well as the students acts acts of learning in the discomfort thermal situations.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIZ, E. (1972). H. & J. (1972). B. Climatología: Añales de Física, 25, 21.
C. (1972). W. (1972). A. (1972). B. (1972). C. (1972). D. (1972). E. (1972). F. (1972). G. (1972). H. (1972). I. (1972). J. (1972). K. (1972). L. (1972). M. (1972). N. (1972). O. (1972). P. (1972). Q. (1972). R. (1972). S. (1972). T. (1972). U. (1972). V. (1972). W. (1972). X. (1972). Y. (1972). Z. (1972).
M. (1972). S. (1972). C. (1972). D. (1972). E. (1972). F. (1972). G. (1972). H. (1972). I. (1972). J. (1972). K. (1972). L. (1972). M. (1972). N. (1972). O. (1972). P. (1972). Q. (1972). R. (1972). S. (1972). T. (1972). U. (1972). V. (1972). W. (1972). X. (1972). Y. (1972). Z. (1972).
S. (1972). C. (1972). D. (1972). E. (1972). F. (1972). G. (1972). H. (1972). I. (1972). J. (1972). K. (1972). L. (1972). M. (1972). N. (1972). O. (1972). P. (1972). Q. (1972). R. (1972). S. (1972). T. (1972). U. (1972). V. (1972). W. (1972). X. (1972). Y. (1972). Z. (1972).
T. (1972). U. (1972). V. (1972). W. (1972). X. (1972). Y. (1972). Z. (1972).
V. (1972). W. (1972). X. (1972). Y. (1972). Z. (1972).