



DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DE SISTEMA DE AR CONDICIONADO COM INSUFLAMENTO PELO PISO

Leite, Brenda C. C.

Professora do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da USP
Doutoranda no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP
Av. Prof. Mello Moraes 2231, Cid. Universitária, São Paulo, SP;
tel.: (11) 3091-5570 – R. 218; e-mail: bcleite@usp.br
(Autor para correspondência)

Tribess, Arlindo

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP.
Av. Prof. Mello Moraes 2231, Cid. Universitária, São Paulo, SP;
tel.: (11) 3091-5355; e-mail: atribess@usp.br

Resumo. *A maioria dos edifícios de escritórios, principalmente nas grandes cidades, conta com climatização artificial para promover conforto. A distribuição do ar frio através de difusores instalados no teto não tem atendido satisfatoriamente a este objetivo devido ao conflito com uma das principais características de ocupação, a flexibilidade. Para tentar solucionar este problema, outro conceito em distribuição de ar, já em uso nos países desenvolvidos, está começando a ser adotado também no Brasil; trata-se de insuflamento pelo piso, com difusores instalados em placas de piso elevado e nas estações de trabalho que permitem controle individual de vazão de ar. As condições de conforto térmico promovido por este tipo de sistema estão sendo avaliadas em laboratório instalado no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP financiado pela FAPESP e empresas do setor. Resultados preliminares desta avaliação, apresentados neste trabalho, revelam as condições de operação do sistema de condicionamento de ar para atender aos requisitos de conforto propostos por Fanger e adotados pela ISO 7730, bem como os perfis de temperatura e velocidade do ar em uma estação de trabalho no ambiente – escritório – referentes às condições estabelecidas para a avaliação, identificados através de medições locais das referidas variáveis.*

Palavras-chave: *Conforto Térmico, Ar Condicionado, Insuflamento pelo piso.*

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico em ambientes de trabalho – edifícios de escritórios - é um assunto que tem despertado bastante interesse por parte de pesquisadores por se tratar de um requisito de produtividade nas empresas e estar intimamente relacionado com o consumo de energia, com o uso de ar condicionado. A maioria dos resultados das pesquisas feitas nesta área, tanto no Brasil quanto no exterior, têm demonstrado que além do conforto térmico não estar sendo bem promovido (Leite, 1997); (Ornstein et al, 1999); (Schiller et al, 1988), tem alto consumo de energia elétrica.

Na maioria dos edifícios de escritórios, o sistema de distribuição de ar mais utilizado é feito através de redes de dutos com difusores uniformemente distribuídos no teto, sendo o controle de

temperatura e/ou o volume de ar centralizado de tal forma a manter a temperatura uniforme no espaço, devendo esta permanecer relativamente constante durante todo o tempo de ocupação. Este conceito prevê uma mistura completa de ar insuflado com o ar do ambiente, mantendo todo o volume de ar a uma temperatura desejada, assegurando a taxa mínima de renovação do ar. Na prática, o sistema convencional é operado para manter as condições do ambiente interno de acordo com os padrões especificados pela norma NBR – 6401 (1980).

Os padrões de conforto adotados até o momento são os constantes da ASHRAE Standard (1992), que especifica uma *zona de conforto* representada por uma faixa e combinação ótima de fatores térmicos (temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e umidade) e fatores pessoais (tipo de vestimenta e nível de atividade), com os quais, pelo menos 80% dos ocupantes expressem satisfação (ISO 7730, 1994). Entretanto, satisfações ou insatisfações podem ocorrer, tanto devido às preferências individuais quanto pelo fato de existirem condições térmicas distintas no espaço (por exemplo, estratificação, correntes de ar, assimetria de radiação), que, inclusive, não são levadas em conta nos projetos de condicionamento de ar nem na avaliação da satisfação do usuário. Isto pode ser observado em resultados de pesquisas (Schiller et al, 1988), onde, em edifícios mantidos dentro da “zona de conforto”, foi identificado que um mínimo de 40% de funcionários de escritórios preferiam sentir mais frios ou mais quentes os seus ambientes de trabalho. Outros estudos realizados na Europa (Croome et al, 1998), no Japão e Estados Unidos (Hartkopf et al, 1993) e também no Brasil (Leite, 1997); (Ornstein et al, 1999), indicaram, além dessas, condições de estagnação de ar como sendo uma das principais reclamações em ambientes de escritórios. Esses resultados sugerem, inclusive, que é psicologicamente importante para os ocupantes perceberem alguma quantidade de movimento de ar no seu ambiente de trabalho.

A partir da década de 50, com a introdução do conceito de escritório aberto (*landscape office*), o tipo de ocupação (*lay out*) sofreu mudanças significativas de acordo com a dinâmica do trabalho; isto tem gerado sérios conflitos entre as propostas de ocupação (flexível) e de distribuição de ar condicionado por difusores no teto (fixa) (Leite, 1997) porque são conceitos que se contrapõem (dinâmico x estático). Além disso, outros fatores como a variação e aumento de carga térmica devido ao incremento e/ou mudanças de equipamentos de trabalho (computadores, impressoras, luminárias de tarefa) comprometem substancialmente o desempenho do sistema instalado, considerando que a maioria das fontes de calor são flexíveis quanto à mudança de local e o sistema é dimensionado para cargas estimadas fixas e uniformes.

A distribuição de ar frio pelo piso foi originalmente introduzida na Alemanha, em espaços específicos com cargas térmicas altas e localizadas (CPDs, centros de controle, laboratórios) (Bauman et al, 1996) e ainda não havia a preocupação com o conforto, embora já se tirasse partido da possibilidade de convecção natural para o ar de retorno pelo teto. Nos anos 70, começou a haver uma preocupação com o conforto dos usuários, dando início ao desenvolvimento de dispositivos controláveis individualmente pelo usuário. Os primeiros sistemas de condicionamento ambiental individualizados usaram a combinação de difusores instalados na estação de trabalho, à altura do tórax de uma pessoa sentada, para controle do conforto pessoal e difusores no piso para controle geral do ambiente.

Tendo em vista que as preferências individuais para condições térmicas variam de hora para hora, de dia para dia e de pessoa para pessoa, aliado às rápidas mudanças no modo de trabalho dos funcionários de escritórios, ao acréscimo de equipamentos pessoais e ao fato das fontes de calor passarem a ser mais localizadas dentro do ambiente, promover condições de conforto ótimas não é simples e a estratégia convencional de condicionamento do ambiente de maneira uniformizada pode não ser a solução mais apropriada. Para solucionar este problema, uma nova tecnologia, “condicionamento de tarefa” ou “condicionamento individualizado”, com distribuição do ar pelo piso (plenum), tem sido desenvolvida para atender a essas preocupações. Trata-se de um sistema baseado num condicionamento geral mínimo, através de difusores no piso e o ar condicionado para conforto é fornecido diretamente à estação de trabalho, através de difusores instalados na mesa de trabalho, onde é permitido ao usuário controlar o fluxo de ar para conseguir a condição de conforto preferida, criando um microclima. Em outras palavras, o sistema de condicionamento de tarefa

permite que o condicionamento do ar no ambiente seja reduzido em áreas não críticas e, através de difusores controlados individualmente, pode ser realizado o condicionamento pontual (local), somente quando e onde for necessário para manter o conforto do usuário.

Como se trata de uma tecnologia nova, o “condicionamento individualizado” está ainda em estágio de desenvolvimento. Existem poucas informações disponíveis sobre como as pessoas usam esse sistema, os efeitos interativos entre as estações de trabalho ou como as condições dos espaços são afetadas em micro escala; poucas pesquisas têm sido feitas para documentar seu real desempenho. O potencial de conforto e o aumento de eficiência energética não têm sido quantificados, sendo abordados apenas de forma qualitativa.

O sistema de distribuição de ar pelo piso já vem sendo aplicado há pelo menos duas décadas, principalmente na Europa, Japão e Estados Unidos; no Brasil, já começa a ser adotado também para conforto, tanto em edifícios novos quanto em *retrofits*, mas ainda com baixa expressividade, devido ao fato desta tecnologia não ser bem conhecida e pela falta de informações que consubstanciem o conceito, a tal ponto que justifique sua utilização em larga escala. Entretanto, vários pontos ainda permanecem obscuros e, aqueles que carecem de mais informações ou pesquisas se referem principalmente às condições (parâmetros) em que este sistema promove conforto ao usuário, ao índice real de economia no consumo de energia, proporcionado pelo sistema, nas condições anteriores e ao custo x benefício da implantação deste tipo de sistema.

Tendo em vista o exposto, acredita-se que, não só as limitações, como também as vantagens apontadas, necessitam ser mais amplamente verificadas através de pesquisas, principalmente em locais de climas, costumes e economias diferentes daqueles onde têm sido desenvolvidos os estudos, para que o objetivo de otimização do sistema em questão seja atingido e possa ser efetivamente implantado nos edifícios, que têm passado por tantas transformações, próprias da época atual, mas que continuam adotando sistemas de condicionamento dos ambientes incompatíveis com tais evoluções.

Para que o sistema possa atender aos requisitos de conforto e tenha desempenho satisfatório, deve apresentar características de instalação e operação específicas, as quais dependem de informações ainda não esclarecidas. Essas informações estão sendo elaboradas com base em pesquisas experimentais e de simulação, cujos resultados deverão permitir a determinação de parâmetros de conforto e de projeto de sistema de condicionamento de ar, na condição específica de distribuição de ar pelo piso. Como ferramenta para o desenvolvimento dessas pesquisas – doutorado e mestrado, foi instalado um laboratório de conforto térmico e conservação de energia no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, com o apoio da FAPESP, cujas características são detalhadas no capítulo seguinte.

2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA IMPLANTADO NO LABORATÓRIO

Os principais componentes do laboratório implantado são os seguintes:

uma câmara de testes, uma unidade de condicionamento de ar (*chiller e fan coil*) com dois sistemas de distribuição de ar – pelo piso e pelo teto, sistema de automação e controle, sistemas de aquisição de dados no ambiente.

A **câmara de testes**, ilustrada nas Fig. (1-a) e Fig. (1-b), é um protótipo, em escala real, com área representativa de ambientes de escritórios, onde estão sendo aplicados os procedimentos experimentais.

Esta área representativa, aqui denominada “célula”, com 35 m² de área, significa uma fração de um pavimento tipo de edifício de escritórios, com todos os equipamentos típicos e cujas características (configuração de *lay out*, tipo de ocupação por pessoas e equipamentos, localização e tipo de envoltória, sendo as mais repetitivas) traduzem as condições reais dos ambientes deste tipo de edificação. Trata-se de uma câmara adiabática, para garantir a condição de regime permanente e confiabilidade dos resultados dos testes experimentais.



(a)



(b)

Figura 1. Câmara de testes - a) *Lay out*, antes da instalação dos difusores de mesa e equipamentos de escritório; b) Painel de lâmpadas.

Para o insuflamento pelo piso, a câmara conta com um plenum inferior, formado por piso elevado em placas, que armazena ar frio sob pressão (de 7,5 a 20 Pa maior que o ambiente). Neste piso, estão instalados 14 difusores de 150 mm de diâmetro para condicionamento geral e 18 de 200 mm de diâmetro na zona periférica; além desses, foram instalados cinco difusores de 150 mm nas mesas, para condicionamento individual, que permitem o ajuste e medição da vazão de ar, distribuídos conforme mostra a Fig. (2). O dimensionamento dos difusores foi feito com base nas recomendações de Sodec (1990), considerando a vazão máxima indicada pelo fabricante e de resultados de simulação para o ambiente do laboratório utilizando programa computacional BLAST (Pedersen, 1993), com dados de radiação solar corrigidos segundo dados do IPT (IPT, 1992). O forro é metálico, de placas moduladas, contendo oito luminárias, cada uma com duas lâmpadas fluorescentes de 32 W. No forro também estão instaladas 11 grelhas para retorno do ar quente do ambiente. Uma das paredes do laboratório contém lâmpadas incandescentes distribuídas uniformemente em sua área, num total de oito fileiras de 20 lâmpadas de 40 W (com potência regulável por termostatos), para geração de calor equivalente ao da radiação solar em superfície totalmente envidraçada (fachada em pele de vidro) com vidros de alta transmitância térmica, representando a fachada envidraçada da célula em questão; na face interna desta parede foram adicionadas persianas, com controle manual, para a avaliação do efeito da radiação.

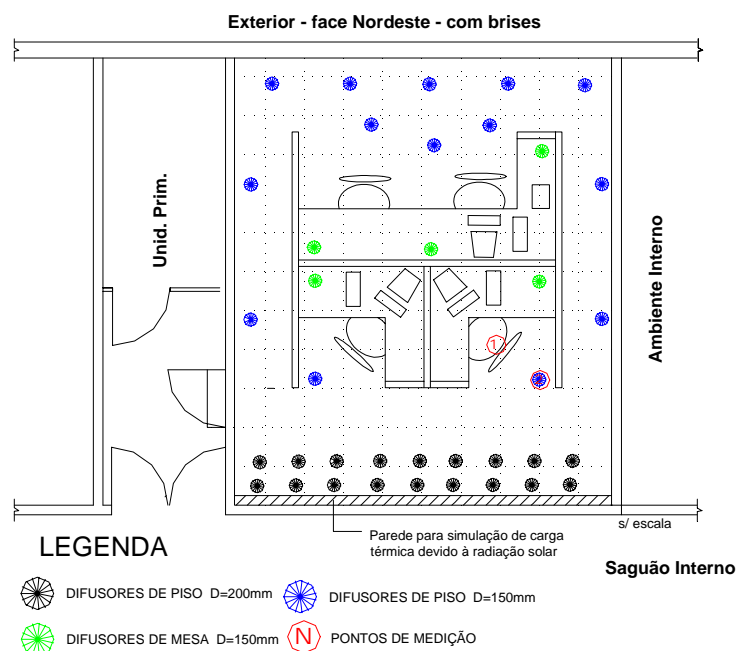


Figura 2. Planta de distribuição de difusores e ponto de medição.

A **unidade primária**, ou de resfriamento do ar constitui-se em uma unidade especial para desenvolvimento de trabalhos de pesquisa. É composta por um *chiller* de linha com capacidade nominal de 5 TR, um *fan coil* com vazão nominal de 340 m³/h, rede de dutos para distribuição de ar frio pelo piso e pelo teto e dutos para retorno, externo ao plenum superior, que direciona diferentes percentuais de ar quente para o meio externo (expurgo), para resfriamento e, através de *bypass*, diretamente para uma caixa onde se efetua uma mistura com o ar frio proveniente do *fan coil* para ser insuflado no plenum inferior.

Uma série de alterações foram introduzidas no sistema para atender às necessidades do projeto de pesquisa em desenvolvimento e identificadas esquematicamente na Fig. 3: *dampers* manuais e ventilador para indução e controle de vazão de ar externo e de expurgo; *dampers* motorizados para controle de percentual de ar de retorno que passa pela serpentina e aquele levado diretamente à caixa de mistura para insuflamento pelo piso; caixa de mistura do ar de retorno não resfriado com o ar que passa pela serpentina; filtro adicional no duto de retorno do ar diretamente ao plenum, para que sejam evitadas contaminações; variador de frequência do ventilador do *fan coil* para manter constante a pressão no plenum; *dampers* nos dutos de ar frio para permitir a inversão da distribuição do ar pelo piso para o teto; resistência elétrica de aquecimento da água na entrada do *chiller* para que a temperatura da água gelada na saída permaneça fixa durante os períodos de medição em cada condição interna estabelecida (requisito necessário para a execução dos procedimentos experimentais); válvula de três vias na rede hidráulica do *chiller*/*fan coil* para *bypass* de água gelada.

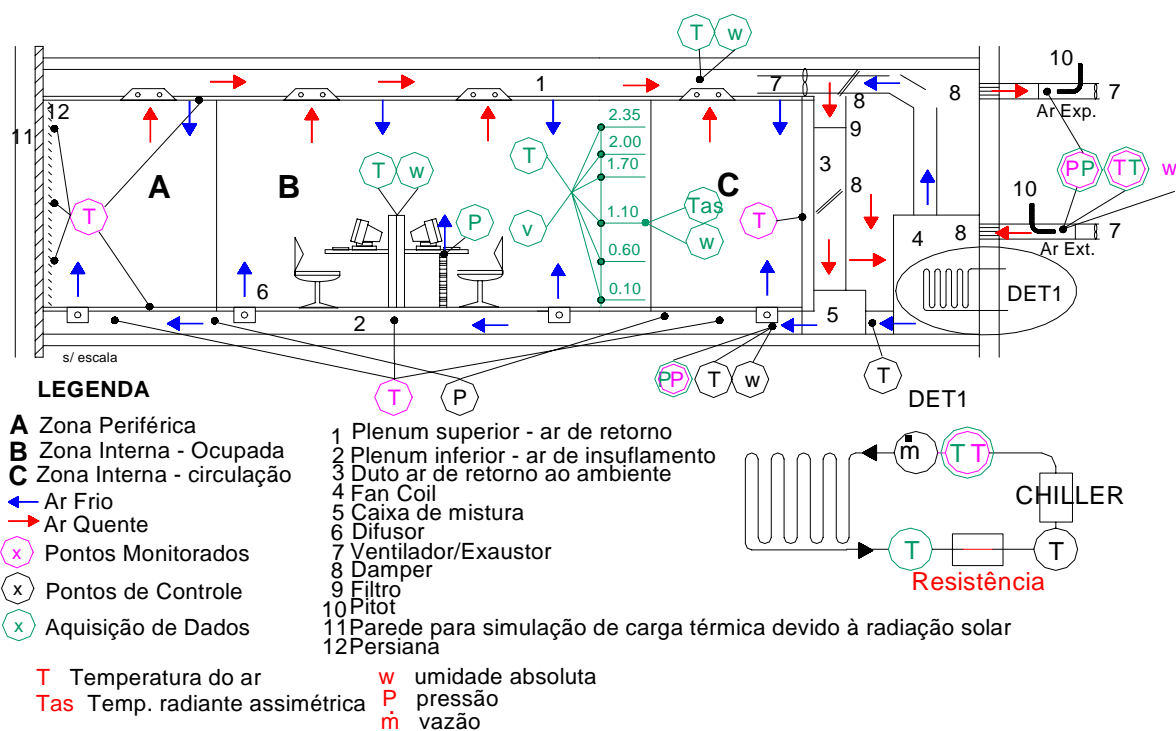


Figura 3. Corte esquemático – componentes do laboratório

O sistema de condicionamento de ar é **microprocessado** nos moldes do sistema convencional, com a adição de pontos de controle para garantia de condições controladas no ambiente durante cada bateria de testes, que também servirão para avaliar a energia consumida no resfriamento do ar na serpentina (demanda na serpentina) e a energia efetivamente consumida para proporcionar condições de conforto. Esses pontos são os seguintes: temperatura da água na entrada do *chiller* para atuar sobre a resistência elétrica, com o objetivo de controlar a temperatura da água na saída do *chiller*; temperatura do ar na saída do *fan coil* para atuar na válvula de controle de vazão de água gelada na serpentina para controlar a umidade no ambiente; temperatura do ar na saída da caixa de mistura para atuar sobre os *dampers* do ar de retorno a ser misturado com o frio, com o objetivo de

controlar a temperatura no ambiente; pressão no plenum para atuar na frequência de rotação do ventilador do *fan coil*, com o objetivo de manter constante o diferencial positivo de pressão frente às variações na demanda de vazões de ar no ambiente.

Além dos controles relacionados acima, são ainda monitorados os seguintes itens: vazões de ar na entrada do duto de ar externo e saída do ar expurgado, visando manter equilibrados os percentuais da vazão de ar externo e expurgado; umidade do ar na saída da caixa de mistura, com o objetivo de manter constante a umidade do ar insuflado no ambiente; vazão de ar no insuflamento pelo piso, para a verificação das vazões nos difusores de piso e perdas por frestas; vazão de ar frio (saída do *fan coil*), para a determinação dos percentuais de ar – frio e quente – na mistura; temperatura da água na saída do *chiller*, com o objetivo de verificar a regularidade da temperatura da água na entrada da serpentina; temperatura e umidade do ar externo e de retorno, para manter equilibrados os percentuais de ar externo e de recirculação de acordo com as condições externas e as desejadas no ambiente; temperatura e umidade do ar no centro do ambiente, visando o ajuste do sistema para garantir as condições desejadas no ambiente com insuflamento pelo piso e criar condições correspondentes com o sistema de distribuição de ar pelo teto; vazões de ar nos difusores de mesa, com o objetivo de regular e identificar as vazões requeridas pelos usuários quando ajustados por eles.

Para coleta de dados de temperatura, umidade e velocidade do ar, em seis níveis e temperatura radiante média e assimetria de radiação no nível médio, foi utilizado **sistema de aquisição de dados** composto por sensores específicos, um micro computador de configuração própria para o sistema e software. Os sensores possuem características de exatidão e faixa de medição que conferem confiabilidade no processo de medição e resultados confiáveis. Para o monitoramento das temperaturas superficiais nas paredes, teto, piso e persianas, foi utilizado um sistema de aquisição de dados com sensores do tipo termopar, com características de exatidão que permitem checar a condição de regime permanente no ambiente.

3. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO

Como estudo preliminar, foi feita a avaliação das condições ambientais em um posto de trabalho da câmara de testes, tomando como referência parâmetros propostos por Fanger (1970), que proporcionam conforto aos usuários. Esses parâmetros, relacionados no item seguinte, foram escolhidos para proporcionar uma condição de neutralidade térmica em ambientes de escritórios.

3.1. Condições para a Avaliação

Os parâmetros adotados para a avaliação foram os seguintes:

- Nível de atividade dos usuários = leve = 1,2 Met
- Temperatura do ar no nível médio (a 1,10 m do piso) = 24 °C
- Umidade relativa do ar no nível médio = 50%
- Índice de isolamento da roupa = 0,5 Clo

De acordo com a equação de conforto de Fanger (1970), esses valores equivalem a um percentual de insatisfação das pessoas (Predicted Percentage of Dissatisfied - PPD) igual a 5%, isto é, Voto Médio Estimado (Predicted Mean Vote – PMV) igual a zero, equivalente à neutralidade térmica.

O ambiente conta com as fontes de calor internas e externa (simulada):

- Radiação solar = 3.200 W (para dia típico de verão, com temperaturas de bulbo seco (TBS) = 31,4°C máx e 20,2 °C min e temperatura de bulbo úmido (TBU) = 26,7 °C, para vidro de 6 mm, com transmissividade = 0,6
- Quatro simuladores de calor simulando quatro pessoas = 480 W
- Quatro microcomputadores = 400 W
- 16 lâmpadas fluorescentes de 32 W = 512 W
- Carga Térmica total em regime permanente = 4592 W = 124 W/ m²

De acordo com a Portaria nº 3.253 de 28/08/98 do Ministério da Saúde, foi adotada a renovação de ar mínima de 27 m³/h/pessoa.

3.2. Método

Para a avaliação das condições de conforto criadas em laboratório, representadas pelos perfis de temperatura e velocidade do ar (Figs. 5 e 6), foram coletados dados em um ponto na estação de trabalho, a 30 cm do eixo de um simulador que representa uma pessoa em seu posto de trabalho (Fig.3) e produz calor equivalente a uma pessoa em atividade leve. Além disso, foram feitas medições na direção de um difusor, para verificar a variação da temperatura e velocidade ao longo da distância entre o piso e o teto do ambiente.

Para isto, foram realizadas medições de temperatura e velocidade do ar em seis níveis: 0,10; 0,60; 1,10; 1,70; 2,00 e 2,35 m, sendo que 0,10; 0,60 e 1,10 m correspondem às alturas de medições recomendadas para pessoas sentadas e 0,10; 1,10 e 1,70m para pessoas de pé (ASHRAE, 1992) e 2,35 m é a altura onde os valores são aproximadamente os do ar de retorno. Essas medições ocorreram no ambiente em condição de regime permanente, durante 15 minutos.

Paralelamente, foram coletados os dados referentes à vazão de ar insuflado (que corresponde à vazão demandada para atender às condições impostas), frequência de rotação do ventilador do *fan coil*, temperaturas e vazões da água gelada de entrada e saída da serpentina do *fan coil*, durante o período de testes, para a caracterização das condições de operação do sistema na situação avaliada.

4. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO PRELIMINAR

O gráfico da Fig. (4), referente às temperaturas do ar no posto de trabalho, revela um gradiente na zona ocupada (de 0,10 a 2,0 m) da ordem de 2,0 °C, considerado pela maioria dos pesquisadores (Sodec, 1990) plenamente satisfatório, não causando desconforto (limite para conforto $\Delta T_{ar} = 3^{\circ}C$). Uma vez mantida a distância de 0,80m entre o difusor e o usuário, as condições de temperatura do ar apresentadas indicam que este provavelmente não sentirá desconforto na região dos pés (frio); com base nos perfis apresentados na Fig. (4) pode-se concluir que, antes do ar insuflado atingir aquele ponto (pés) já trocou calor com o ambiente até atingir uma temperatura de conforto (23,5°C). Além disso, as características da curva de temperatura do ar no difusor mostram claramente que as principais fontes de calor se situam na zona de 0,60 a 1,7m (na vertical) e que, desse nível para cima, há pouco acréscimo na temperatura. Isto significa que a troca de calor mais significativa ocorre quando o ar insuflado está ainda a uma baixa temperatura e que as condições de conforto podem ser atingidas resfriando-se o ar apenas na zona ocupada, isto é, um volume de ar menor do que o volume resfriado pelo sistema convencional (com insuflamento pelo teto).

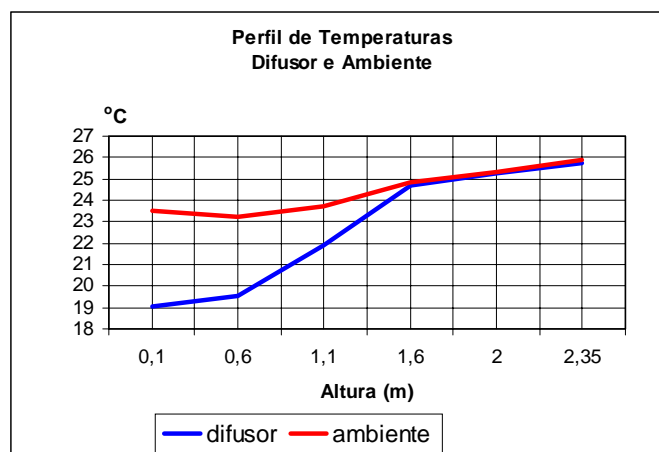


Figura 4. Perfil de Temperatura no Posto de Trabalho

Conforme pode ser observado na Fig. (5-a), cujo gráfico se refere à velocidade do ar no posto de trabalho, em se tratando de um sistema de distribuição com fluxo por deslocamento (baixas velocidades), o valor máximo medido foi de 0,08 m/s, verificado à altura do tórax (1,1 m) sendo inferior ao valor limite para desconforto (Sodec, 1990). O gráfico da Fig. (5-b) mostra que, na direção vertical sobre o difusor, onde o perfil de velocidades é caracterizado por uma curva de queda acentuada na região entre o piso e a altura da cadeira ocupada pelo usuário (0,60 m) e suave deste nível para cima, não aparecem valores que dariam a sensação de correntes de ar neste trecho no posto de trabalho e, apesar da velocidade medida ao nível dos pés ser mais alta não chega a atingir o usuário, dada a distância do difusor ao usuário (em torno de 0,80 m).

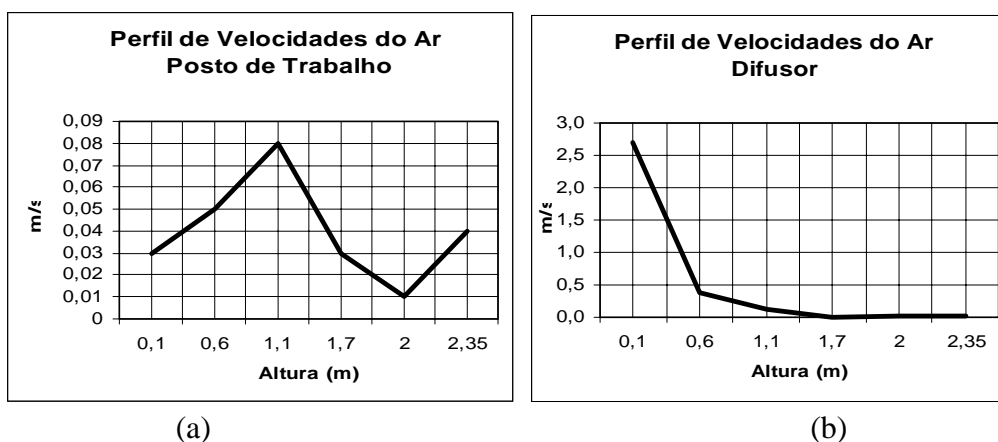


Figura 5. Perfís de Velocidades – a) no Posto de Trabalho; b) no Difusor

Para se atingir as condições apresentadas o sistema operou com as características apontadas a seguir:

- A variação de temperatura do ar (ΔT_{ar}) no ambiente, considerada do ponto de insuflamento até o retorno, foi de 5,5 °C, onde a temperatura do ar no ponto médio da câmara de testes era de 24°C e a umidade relativa do ar de 50%, mantidos de acordo com o proposto.
- A vazão total de ar insuflado no plenum foi de 2535 m³/h a 19°C; entretanto, nem todo o ar de retorno, à temperatura de 24,5°C, foi novamente resfriado, uma vez que os dampers de controle do bypass de ar de retorno permaneceram abertos na proporção de 10% para a saída para resfriamento e 90% para o duto de mistura com o ar frio.
- O percentual de ar que passou pela serpentina (apenas retorno) atingiu a temperatura de 13,5°C, garantindo a desumidificação. Nessas condições, a água gelada entrou na serpentina a uma temperatura de 6,5°C, sendo que na saída do *fan-coil* (antes do by-pass) estava a 14,5°C em média ($\Delta T_{ag} = 8^{\circ}C$). Para a retirada do calor nessas condições de temperatura foi necessária uma vazão média de água gelada de 0,6 m³/h.
- A capacidade de vazão de ar instalada (difusores de piso) é de 3674 m³/h, sendo que o ambiente conta com 14 difusores ϕ 150 mm (vazão máxima de 20 l/s) e 18 difusores ϕ 200 mm (vazão máxima de 40 l/s). Para atender às condições estabelecidas nesta avaliação, foi necessário utilizar apenas 2535 m³/h, o equivalente a 73 m³/h.m². Este valor de vazão foi atingido com 12 Pa de pressão no plenum, que solicitou uma frequência de rotação do ventilador do *fan coil* da ordem de 47 Hz (78% da sua capacidade máxima).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices apresentados nesta avaliação preliminar são fortes indicadores de que o sistema proposto é adequado para o conforto e, aparentemente, também para a economia de energia, uma vez que:

- não promove gradientes de temperatura elevados;

- correntes de ar não são percebidas, se mantidas as distâncias mínimas recomendadas entre o usuário e o difusor no piso;
- promove alguma movimentação no ar, tal que, pelo menos à altura do tórax o usuário a sente, eliminando a sensação de "ar parado";
- apresenta ΔT_{ar} reduzido ($5,5^{\circ}C$); atende ao requisito de flexibilidade permitindo a mudança de localização de difusores quando houver necessidade em função de mudanças de *lay out*.

Outros resultados mais abrangentes serão apresentados e discutidos ao término de uma avaliação mais ampla, com a participação de usuários e introdução de controle individual de vazão de ar com dispositivos instalados nas mesas de trabalho, em desenvolvimento no referido laboratório.

6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 – “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6401, 1980, “Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto”, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Bauman, F., Akimoto, T, 1996, “Field study of a desktop task conditioning system in PG&E’s advanced office systems testbed”, Center for Environmental Design Research, University of California, Berkeley.
- Croome, D. J., Rollason, D., September/1988, “Freshness, Ventilation and Temperature in Offices”, Proceedings from the CIB Healthy Buildings’88 Conference, Stockholm.
- Fanger, P. O., 1970, “Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering”, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Hartkopf, V. et al., 1993, “Designing the office of the future: the japanese approach to tomorrow’s workplace”, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 7730, 1994, “Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort”, International Standards Organization, Geneva.
- IPT, 1992, “Elaboração de Critérios para Classificação de Edificações Segundo seu Desempenho Térmico – Relatório IPT 30.923”, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Leite, B. C. C., 1997, “Análise do Desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados através da Avaliação Pós-Ocupação”, FAU-USP, São Paulo (Dissertação de Mestrado).
- Ornstein, S. W., 1999, Andrade, C. M. de, Leite, B. C. C., 1999, “Office Workplaces in São Paulo, Brazil: Some Buildings Performance Considerations”, Proceedings of the 30th Annual Conference of the Environmental Design Research Association - EDRA 30, June 2 – 6, Orlando / Florida.
- Pedersen, C. O. et al., 1993, “BLAST 1.0 - Building Load Analysis and System Thermodynamics”, University of Illinois, Champaign – Urbana, EUA.
- Schiller, G. et al, 1988, “A Field Study of Thermal Environments and Comfort in Office Buildings”, Final Report, ASHRAE, Vol. 426 – RP, January, C-04-88, University of California, Berkeley, CA.
- Sodec. F., Craig, R., 1990, “The underfloor air supply system – the european experience”, ASHRAE Transactions, Vol. 96, Atlanta, USA, pp. 690–695.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no trabalho.

EVALUATION OF THERMAL COMFORT PARAMETERS AND OPERATIONAL CONDITIONS OF AIR CONDITIONING SYSTEM WITH UNDERFLOOR AIR SUPPLY

Leite, Brenda C. C.

Civil Construction Department – Polytechnic School of University of São Paulo
Mechanical Engineering Department - Polytechnic School of University of São Paulo
05508-900 - Av. Prof. Mello Moraes 2231, Cid. Universitária, São Paulo, SP;
tel.: (11) 3091-5570 – R. 218; e-mail: bcleite@usp.br

Tribess, Arlindo

Mechanical Engineering Department - Polytechnic School of University of São Paulo
05508-900 - Av. Prof. Mello Moraes 2231, Cid. Universitária, São Paulo, SP;
tel.: (11) 3091-5355; e-mail: atribess@usp.br

***Abstract.** Comfort air conditioning systems are widely used in office buildings, particularly in big cities. Most of such systems, which uses ceiling air supply, do not present good comfort conditions, besides a lack of layout flexibility. In order to solve these problems, underfloor air supply is becoming a common practice also in Brazil. This system with floor and workstation diffusers allows an individualized airflow control. Comfort conditions obtained with this kind of system are being evaluated in a laboratory facility at the Mechanical Engineering Department of Polytechnic School of University of São Paulo, supported by FAPESP and industry. This paper presents the first experimental results of the survey, such as system operational conditions to meet Fanger thermal comfort requirements adopted by ISO 7730, as well as ambient temperature and velocity profiles.*

***Keywords.** Thermal Comfort, Air Conditioning, Underfloor Air Supply.*