

## APLICABILIDADE DOS LIMITES DA VELOCIDADE DO AR PARA EFEITO DE CONFORTO TÉRMICO EM CLIMAS QUENTES E ÚMIDOS

**Christhina Cândido (1); Roberto Lamberts (2), Leonardo Bittencourt (3) e Richard de Dear (4)**

(1) Arquiteta, Doutoranda do PPPGEC/UFSC e Macquarie University, [christhina@labeee.ufsc.br](mailto:christhina@labeee.ufsc.br)

(2) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, [lamberts@ecv.ufsc.br](mailto:lamberts@ecv.ufsc.br)

(3) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, [lsb@ctec.ufal.br](mailto:lsb@ctec.ufal.br)

(4) PhD, A/Professor Department of Architecture, Design and Planning, [r.dedear@arch.usyd.edu.au](mailto:r.dedear@arch.usyd.edu.au)

(1), (2), Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Civil – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900; (3) Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL; (4) The University of Sydney, Sydney, Australia.

### RESUMO

Um dos principais argumentos utilizados para a adoção de limites para a velocidade do ar nos ambientes construídos advém do conceito de que a ocorrência de “correntes de ar” (*draft*) seria desagradável para os usuários desses espaços. Esse desconforto sentido pelo usuário seria decorrente da velocidade do ar e serve como referência para estabelecer os limites máximos da velocidade do ar na ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005). O mesmo incremento do movimento do ar é percebido de maneira diferente pelos usuários em climas frios e em climas quentes, podendo ser classificado como incômodo ou uma agradável brisa. Este trabalho discute os limites dados para a velocidade do ar pelas normas ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005). Para tal, foi realizada uma análise comparativa entre os valores limites para a velocidade do ar definidos por essas normas e as respostas dos usuários em relação à preferência e aceitabilidade do movimento do ar obtidas em experimentos de campo realizados em Maceió/AL. Resultados indicam que ambas as normas especificam valores para a velocidade do ar *inferiores* aos desejados pelos usuários. Os resultados da preferência do movimento do ar indicam que significativa percentagem dos usuários demanda “maior movimento do ar”. Quando associada às respostas da aceitabilidade do movimento do ar, a insatisfação dos usuários ficou mais evidente, assim como a demanda por maior velocidade do ar. O desconforto por correntes de ar não se apresenta como desconforto para os usuários destes ambientes. Valores mais elevados para a velocidade do ar são desejáveis para para o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: velocidade do ar, *draft*, conforto térmico.

### ABSTRACT

One of the main arguments applied in order to establish air velocity limits inside buildings is related to the draft concept, which means an unpleasant air movement into indoor environments. This concept is considered as reference in order to identify maximum air velocity values into broadly used standards such as ASHRAE 55 (2004) and ISO 7730 (2005). However, air movement improvement inside buildings can be noticed in different perspectives from subjects in cold and warm climates and, therefore, the same air velocity can be classified as unpleasant (draft) or pleasant breeze. This paper discusses the air velocity limits specified into ASHRAE 55 (2004) and ISO 7730 (2005). A comparative analysis was developed between these standardized air velocity limits and subjects' answers for air movement preferences and acceptability from field experiments carried out in Maceio city. Results suggest that air velocity limits into standards are lower than those required from the subjects. Results indicate that a significant percentage of the subjects demand for “more air movement”. When those results were combined with air movement acceptability, the number of unsatisfied subjects increased, as well as the demand for higher air velocity levels. Draft is not a risk inside these environments. Therefore higher air velocity levels are desirable in order to improve subjects' thermal comfort conditions.

Keywords: air velocity, draft risk, thermal comfort.

# 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais argumentos utilizados para a adoção de limites para a velocidade do ar nos ambientes construídos advém do conceito de que a ocorrência de ‘correntes de ar’ provocaria um certo incômodo nos usuários desses espaços. Essas ‘correntes de ar’ (*draft*) seriam a causa do desconforto sentido pelo usuário em decorrência do aumento do movimento do ar (ASHRAE, 2004); sendo intrinsecamente relacionado à temperatura e velocidade do ar, mas também por fatores complementares, tais como a intensidade de turbulência e à área do corpo que está exposta (MCINTYRE, 1978). Tal conceito foi desenvolvido baseado em experimentos realizados em câmaras climáticas, com usuários engajados em atividades sedentárias e utilizando vestimenta leve. A equação resultante é utilizada para estimar o percentual de usuários insatisfeitos devido à existência de *draft* e serve como referência para os limites considerados como máximos para a ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005) de acordo com a Equação 1. O percentual de insatisfação dos usuários previstos pela Equação 1 são válidos para condições onde a temperatura do ar varie entre 20 e 26°C, com velocidade média entre 0.05 e 0.40m/s e intensidade da turbulência inferiores a 70%.

$$DR = (34 - t_a) \times (\bar{v} - 0.05)^{0.62} \times (0.37 \times \bar{v} \times Tu + 3.14) (\%) \tag{Equação 1}$$

Onde:

*DR* draft risk

$\bar{v}$  velocidade do ar média [m/s]

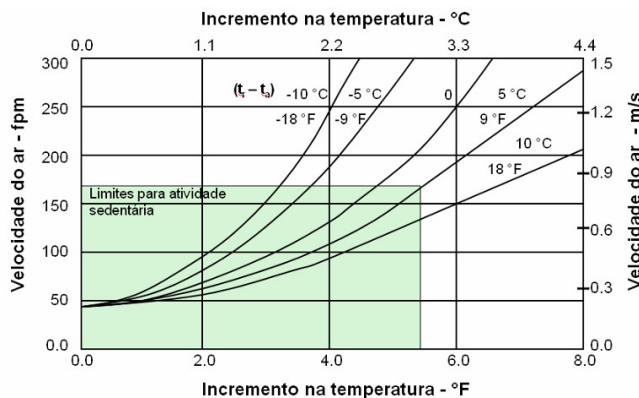
$t_a$  temperatura do ar [°C]

*Tu* intensidade de turbulência [%]

Na ASHRAE 55 (2004), os limites para a velocidade do ar podem ser obtidos de duas formas. A primeira utiliza a Equação 1 como referência, sendo aplicável para os ambientes de forma geral. A norma ainda considera o desconforto por correntes de ar como um dos itens relacionados ao desconforto térmico local que, por sua vez, também é relacionado à determinação das condições de aceitabilidade térmica do ambiente. De acordo com este item, o percentual máximo de usuários insatisfeitos devido ao desconforto provocado por correntes será de 20%. A segunda forma de obtenção dos valores máximos para a velocidade do ar é tratada especificamente para os casos onde o incremento do movimento do ar é desejado e quando os usuários têm o controle dos mecanismos de ventilação. Neste caso, o valor máximo pode ser obtido pelo cruzamento dos valores do incremento da temperatura do ar e os valores da diferença entre a temperatura radiante e a temperatura do ar, conforme o gráfico da Figura 1A. Apesar da escala apresentar valores entre 0 e 1.50m/s, a norma explicita que a velocidade não deverá exceder 0.80m/s e que o ajuste permitido aos usuários não deve ser superior à 0.15m/s.

Na ISO 7730 (2005), os valores máximos para a velocidade do ar também se baseiam na Equação 1. De forma complementar, essa norma apresenta o gráfico da Figura 1B que informa o limite da velocidade do ar em função dos valores da temperatura do ar e da intensidade de turbulência. Como resultado, pode-se obter valores para um máximo de 15% de insatisfação dos usuários. Os valores da velocidade do ar variam entre 0 e 0.4m/s, para temperaturas do ar entre 18 e 26°C e turbulência oscilando entre 0 e 60% (ver Figura 1B).

(A)



(B)

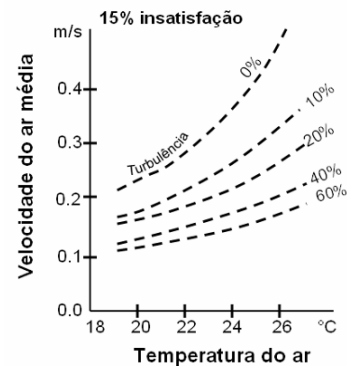


Figura 1 – Gráficos para determinação dos valores da velocidade do ar de acordo com a (A) ASHRAE 55 (2004) e (B) ISO 7730 (2005).

A aplicabilidade de tais limites, no entanto, vêm sendo questionada por experimentos desenvolvidos em ambientes reais, onde os usuários têm o controle dos mecanismos de ventilação (ARENS et al, 1998, YANG e ZHANG, 2008, ZHANG et al, 2007 a). Resultados indicam que, em ambientes onde a ventilação natural é utilizada como a principal forma de condicionamento (ou até mesmo quando esta é combinada com sistemas de condicionamento artificial, como é o caso de edifícios híbridos), os usuários tendem a indicar frequentemente preferência por “maior movimento do ar” (ZHANG et al, 2007 b).

O mesmo incremento do movimento do ar em climas frios e em climas quentes é percebido de maneira diferente pelos usuários, podendo o mesmo insuflamento de ar ser considerado uma incômoda corrente de ar (*draft*) ou uma agradável brisa. Tal percepção pode ser explicada fisiologicamente pelo fato dos termorreceptores para frio estarem localizados mais superficialmente na pele que os de calor (de DEAR, 2009). Neste mesmo ponto de vista, a diferença na percepção do mesmo movimento do ar pode ser explicada pelo conceito de *alliesthesia* (CABANAC, 1971). Segundo esse conceito, o estímulo causado no ambiente pode ser positivo ou negativo, dependendo de como o mesmo auxilia ou dificulta no reestabelecimento (*alliesthesia positiva*) ou afastamento (*alliesthesia negativa*) do conforto do usuário (de DEAR, 2009). Desta forma, os ambientes que utilizam a ventilação natural como estratégia de condicionamento oferecem este estímulo positivo e as flutuações do movimento e velocidade do ar podem ser não só bem aceitas, mas desejadas pelos usuários. Em climas quentes e úmidos, o uso de limites para velocidade do ar baseados em estudos com realidades climáticas diferentes pode resultar em significativa disparidade na *aceitabilidade e preferência* dos usuários no que se refere à intensidade do movimento do ar. Nesse sentido, estudos que comparem tais valores máximos da velocidade do ar com os resultados da preferência e aceitabilidade do movimento de ar dos usuários se constituem em importante contribuição para essa área de conhecimento.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo comparar os limites estabelecidos para a velocidade do ar, pelas normas ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005), com os resultados de preferência e aceitabilidade do movimento do ar obtidos em experimentos de campo no clima quente e úmido de Maceió/AL.

## 3. MÉTODO

Este trabalho desenvolve uma análise comparativa entre os valores definidos como velocidade do ar pelas normas ASHRAE 55 e ISO 7730, com os resultados obtidos em experimentos de campo em relação à preferência e aceitabilidade do movimento do ar.

Os experimentos de campo foram desenvolvidos em salas de aula e ateliês de desenho do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas e do Centro de Estudos Superiores de Maceió. Os ambientes utilizam a ventilação natural como estratégia principal de condicionamento térmico, sendo esta complementada pelo uso de ventiladores de teto. O estudo foi conduzido durante duas semanas nos meses de verão e inverno nos períodos da manhã, tarde e noite, resultando em 2075 questionários respondidos pelos ocupantes de tais ambientes.

A faixa etária dos usuários oscilou entre 18 e 25 anos e a maioria dos entrevistados do sexo feminino (66%). As atividades desenvolvidas foram sedentárias e variavam entre 70 e 93W/m<sup>2</sup>, visto que os usuários encontravam-se sentados escrevendo ou desenhando, ou em pé e desenhando. A vestimenta utilizada foi como leve, em média, considerando-se os valores de 0,30 clo, para o verão, e 0,70 clo, para o inverno, conforme classificação da ASHRAE Standard 55 (2004). As atividades dos alunos não foram interrompidas, visando caracterizar a utilização real dos ambientes. Da mesma forma, foi permitido o uso de ventiladores de teto, acionamento de lâmpadas e controle das aberturas (fechar ou abrir portas e janelas) e ajustes desejados para as vestimentas.

As variáveis ambientais foram registradas com o confortímetro Babuc A, localizado no centro das salas. Tal equipamento serviu para registrar os valores da temperatura do ar, umidade e velocidade do ar. Baseado em tais valores, pode-se calcular as variáveis derivadas (temperatura operativa, temperatura radiante média, etc) e índices como *draft risk*, *PS model*, etc. Para o cálculo das variáveis que compunham esses índices, foi utilizado o programa WinComf<sup>®</sup> (FOUNTAIN e HUIZENGA, 1996), sendo possível obter os valores para a temperatura efetiva (ET), nova temperatura efetiva (SET), voto médio estimado (PMV) e percentual de pessoas insatisfeitas (PPD).

Sendo a velocidade do ar o foco central deste trabalho, esta foi registrada de forma individualizada e simultânea ao preenchimento dos questionários de aceitabilidade térmica e ambiental pelos usuários. Para tal, foi utilizado um termoanemômetro portátil e bastões de fumaça para o registro da velocidade do ar e direção predominante do fluxo de ar, respectivamente.

O questionário baseia-se no modelo adotado por de Dear e Brager (2002)<sup>1</sup> e foi adaptado para o desenvolvimento deste trabalho de acordo com as necessidades do mesmo. O questionário de aceitabilidade térmica e ambiental incluiu questões relativas ao conforto térmico dos usuários, aceitabilidade e preferência térmica, a preferência e a aceitabilidade do movimento do ar, assim como informações dos usuários (tais como altura, idade, vestimenta, atividade). Os questionários foram associados com a posição específica do usuário no ambiente (próximo às janelas ou no fundo da sala, por exemplo) no momento do seu preenchimento facilitando a posterior análise individualizada dos resultados.

Todas as informações relacionadas ao experimento, tais como os ambientes, usuários, respostas dos usuários, variáveis ambientais, derivadas e calculadas foram agrupadas em um banco de dados. Posterior tratamento estatístico aplicado foi desenvolvido com o software SAS<sup>®</sup>, permitindo o refinamento das análises dos dados obtidos.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os valores da velocidade do ar foram obtidos graficamente, tendo como referência as Figura 1A e 1B. Para viabilizar uma análise comparativa, os dados obtidos nos experimentos foram organizados de acordo com as especificações e limitações de cada norma para os valores das variáveis utilizadas, tais como temperatura do ar, temperatura operativa e intensidade de turbulência. A Tabela 1 sumariza os resultados obtidos para os valores da velocidade do ar de acordo com as especificações das duas normas. Tendo como referência os valores da velocidade do ar, foram analisadas as respostas dadas pelos usuários para a preferência e aceitabilidade do movimento do ar.

Tendo com referência o gráfico da ASHRAE, os valores para a velocidade do ar variaram entre 0.30 e 1.20m/s. No entanto, nessa norma, a velocidade de 0.80 m/s é considerada como sendo o limite máximo aceitável. Por esse motivo, embora o valor de 1.20 m/s conste do gráfico da Figura 1, o valor máximo adotado para a velocidade do foi de 0.80m/s. Considerando as especificações da ISO 7730, os valores resultantes para a velocidade do ar variaram entre 0.15 e 0.20m/s.

Tabela 1 – Valores da velocidade do ar obtidos de acordo com as especificações da ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005).

ASHRAE 55	Temperatura radiante – temperatura do ar (°C)	Incremento na temperatura (°C)	Velocidade do ar recomendada (m/s)
	tr-ta = 1		1.1
		2.2	0.6
		3.3	0.80
tr-ta = 0		1.1	0.3
		2.2	0.6
		3.3	0.80
ISO 7730	Temperatura do ar (°C)	Turbulência (%)	Velocidade do ar recomendada (m/s)
	24	40	0.2
		60	0.2
	26	40	0.2
60		0.15	

A Figura 2 A sumariza a distribuição de frequência para os resultados da preferência do movimento do ar, tendo como referência as especificações da ASHRAE. Os usuários classificaram a preferência do movimento do ar de acordo com três possíveis respostas: “maior movimento do ar”, “assim mesmo” ou “menor movimento do ar”. De forma geral, as respostas se concentraram nas opções “assim mesmo” e “maior movimento do ar”.

Os resultados foram separados em duas categorias dependendo do valor resultante da diferença entre a temperatura radiante e a do ar (ver Figura 1A). Quando esta diferença foi de 1°C, o percentual de usuários requisitando “maior movimento do ar, variou de 30 e 5% para velocidade do ar de 0.30 e 0.80m/s, respectivamente. Neste mesmo grupo (tr - ta = 1°C), a significativa maioria dos usuários indicou “assim mesmo” como preferência do movimento do ar, correspondendo a 68, 69 e 83%, para os respectivos valores da velocidade do ar: 0.30, 0.60 e 0.80m/s.

<sup>1</sup> O questionário se baseia no modelo utilizado por deDear e Brager (1998) no desenvolvimento do projeto da ASHRAE RP 884 (Adaptive comfort model).

Quando a diferença entre temperatura radiante e do ar foi anulada ( $t_r - t_a = 0^\circ\text{C}$ ), o percentual de usuários pedindo “maior movimento do ar” variou entre 68 e 42%, para as velocidades de 0.30 e 0.80m/s. Neste caso, o percentual de usuários indicando “assim mesmo” como preferência para o movimento do ar aumentou em função do incremento da velocidade do ar, variando entre 22 e 58%. Nota-se que o percentual máximo de usuários indicando preferência por “menor movimento do ar” foi significativamente inferior às outras duas opções, não ultrapassando 10% das respostas em todos os casos.

A Figura 2B sumariza os resultados para a preferência do movimento de ar tendo como referência a ISO 7730. Neste caso os dados que delinearam a identificação dos valores da velocidade do ar incluem a temperatura do ar e a intensidade da turbulência ( $T_u$ ). Cruzando tais dados com os obtidos nos experimentos, a análise incluiu as ocorrências onde a temperatura do ar situava-se entre 24 e 26°C e os valores da turbulência de 40 e 60%. Para a temperatura do ar de 24°C, o percentual de usuários demandando “maior movimento do ar” foi de 22% para turbulência de 40% e de 25% para turbulência de 60%. No restante da amostra os usuários indicaram “assim mesmo” como preferência do movimento do ar em 78% e 75% dos casos (para  $T_u = 40\%$  e  $60\%$ , respectivamente. Para a temperatura do ar de 24°C, nota-se um incremento dos usuários demandando “maior movimento do ar” de 32% para  $T_u = 40\%$  e 37% para  $T_u = 60\%$ . Por outro lado, os usuários demandando “menor movimento do ar” foi de 12% para  $T_u = 40\%$  e apenas 4% para  $T_u = 60\%$ . Considerando a demanda por “menor movimento do ar” como os usuários insatisfeitos por correntes de ar, o percentual foi significativamente inferior aos 20% indicados como valor máximo pela norma.

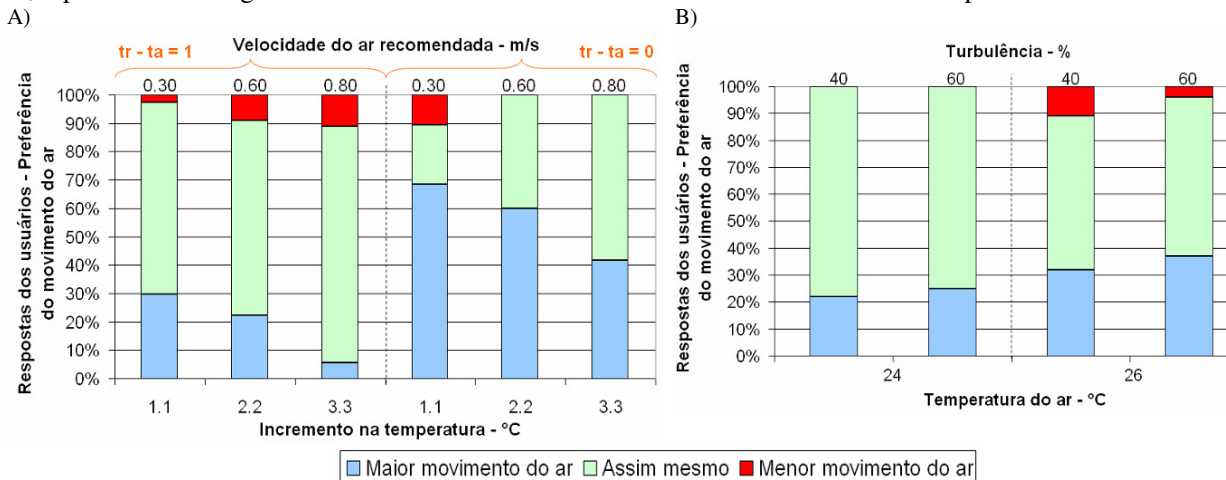


Figura 2 – Preferência do movimento do ar tendo como referência as especificações da ASHRAE 55 (A) e ISO 7730 (B).

As duas normas especificam valores referência para o percentual de insatisfação dos usuários relativo ao movimento do ar excessivo. A ASHRAE considera 20% como o valor máximo para a insatisfação dos usuários decorrente do excessivo movimento de ar (ou *draft*). Já na ISO 7730 o percentual de insatisfação dos usuários é levemente inferior, de 15%. Assumindo-se que os usuários que declaram preferência por “maior ou menor movimento do ar” como insatisfeitos, nota-se que as normas definem velocidades do ar inferiores aos desejados pelos usuários. Ao analisar a distribuição das preferências do movimento do ar, observa-se que o maior percentual de insatisfação dos usuários foi relacionado à necessidade de maior movimento do ar e que os usuários demandando menor movimento do ar foi significativamente inferior.

Ao se combinar esta análise de preferência com a *aceitabilidade* do movimento de ar, os resultados são ainda mais expressivos. Os usuários entrevistados podiam classificar o movimento do ar como aceitável ou inaceitável e depois fornecer informações específicas sobre a velocidade do ar. As respostas foram agrupadas em uma escala que varia entre -1 e 1 e pode ser vista na Tabela 2. Para esta análise, foram consideradas as três respostas dos usuários para o movimento do ar *aceitável*, visto que não foram registrados votos para as duas categorias de *inaceitável* nas faixas limítrofes para a temperatura e turbulência utilizadas por ambas as normas.

Tabela 2 – Escala para a aceitabilidade do movimento de ar.

-2	-1	0	1	2
<b>Inaceitável</b>	<b>Aceitável</b>			<b>Inaceitável</b>
devido à baixa velocidade do ar	mas com baixa velocidade do ar	velocidade do ar suficiente	mas com alta velocidade do ar	devido à alta velocidade do ar

As Figura 3A e 3B resumam os resultados para as três diferentes respostas dos usuários que consideraram a velocidade do ar aceitável. Assim como para a preferência do movimento do ar, os resultados foram separados em duas categorias dependendo do valor resultante da diferença entre a temperatura radiante e a do ar. Quando esta diferença foi de 1°C, e velocidade do ar de 0.30m/s, 47% dos usuários indicaram movimento aceitável, mas com baixa velocidade do ar e os 53% restantes indicaram movimento do ar aceitável, com velocidade suficiente. Nas duas demais faixas de velocidade do ar, de 0.60 e 0.80m/s, as respostas foram para velocidade do ar suficiente. Em nenhuma das faixas de velocidade os usuários indicaram movimento do ar aceitável, mas com alta velocidade.

Quando a diferença entre a temperatura radiante e a temperatura do ar foi nula, aproximadamente 90% dos usuários indicaram velocidade do ar aceitável, mas com baixa velocidade do ar, para a velocidade de 0.30m/s. Com o incremento da velocidade do ar para 0.60m/s e 0.80m/s, o percentual de usuários indicando tal resposta diminuiu para 42% e 50%, respectivamente. Nota-se que para velocidades de 0.80m/s apenas 11% dos usuários indicaram movimento do ar aceitável, mas com alta velocidade do ar.

Utilizando o gráfico da ISO 7730 como referência, os valores para a aceitabilidade foram de no mínimo de 32% e máximo de 50% para movimento do ar aceitável, mas com baixa velocidade do ar. O restante das respostas foi para movimento do ar aceitável e velocidade do ar suficiente e não houve registro de respostas para movimento do ar aceitável, mas com alta velocidade do ar.

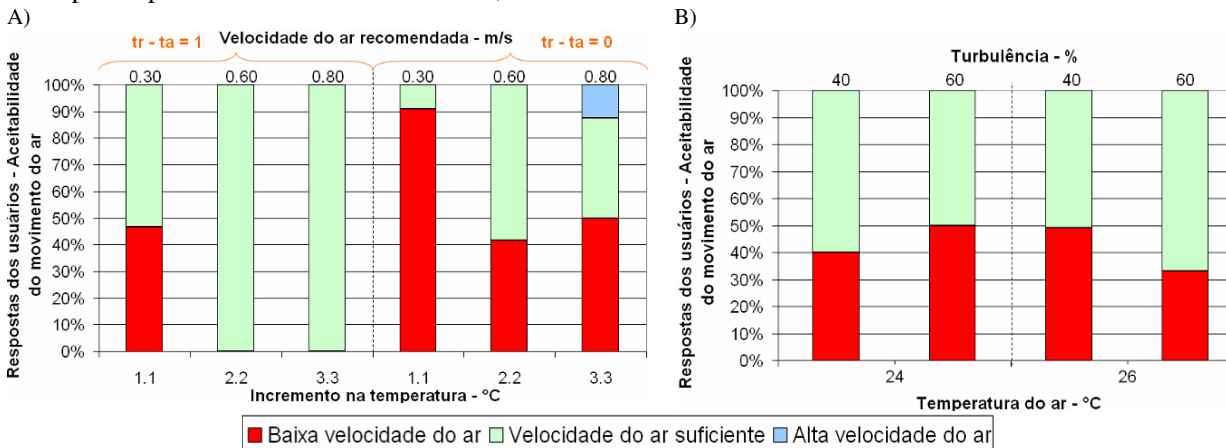


Figura 3 – Aceitabilidade do movimento do ar tendo como referência as especificações da ASHRAE 55 (A) e ISO 7730 (B).

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo investigar a aplicabilidade dos limites dados para a velocidade do ar pelas normas ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005) com os resultados de preferência e aceitabilidade do movimento do ar obtidos em experimentos de campo no clima quente e úmido de Maceió/AL.

Resultados indicam que ambas as normas especificam valores para a velocidade do ar inferiores aos desejados pelos usuários dos ambientes aqui investigados. Os resultados para a preferência do movimento do ar indicam que significativa percentagem dos usuários demanda “maior movimento do ar”, sendo os valores para “menor velocidade do ar” bastante inferiores. Quando associada às respostas da aceitabilidade do movimento do ar, a insatisfação dos usuários ficou mais evidente, indicando a demanda por maior velocidade do ar do que a especificada pelas normas.

Os limites dados por estas normas, quando comparados com experimentos desenvolvimentos tendem a superestimar a insatisfação dos usuários dada pelo incremento do movimento do ar no interior dos ambientes construído. Tal fato se deve, em parte, à *aceitabilidade* de valores de velocidade do ar pelos usuários mais elevados que os especificados por tais normas. Os conceitos de preferência e de aceitabilidade do movimento do ar, no entanto, são fortemente relacionados às questões subjetivas dos usuários, principalmente à tolerância de valores mais altos e da adaptação às flutuações de tais valores, assim como ocorre para a temperatura do ar. O incremento do movimento do ar demandado pelos usuários pode ser associado ao estímulo ou *alliesthesia positiva*, auxiliando no restabelecimento do conforto do usuário (de DEAR, 2009). As flutuações do movimento e velocidade do ar, quando associadas à temperatura, podem ser não só bem aceitas, mas desejadas pelos usuários. Para os valores da temperatura do ar aqui investigados, o estímulo resultante do incremento do movimento do ar nos termorreptores para calor, localizados mais internamente na pele, parece ser mais importante (e, conseqüentemente, desejado) pelos usuários. É importante destacar que

os usuários possuíam o controle dos mecanismos de incremento do movimento do ar, tais como janelas e ventiladores, sendo este um item de essencial importância no processo de intensificação do movimento do ar nos ambientes.

O estímulo causado pelas flutuações do movimento do ar parece ser desejado pelo usuário por questões subjetivas e essencialmente individuais. Os valores máximos dados pelas normas aqui utilizadas como referência não contemplam tais questões, permitindo maiores percentuais de insatisfação pelo movimento do ar *insuficiente* e não o *excessivo*. Futuras normas para contexto brasileiro devem considerar tais aspectos e mais experimentos de campos são indubitavelmente necessários para tal. *Draft* não parece ser um risco nem, portanto, uma limitação, para o incremento do movimento do ar nos ambientes aqui investigados.

## 6. REFERÊNCIAS

- ARENS E. A., XU T, MIURA K, ZHANG H, FOUNTAIN ME, BAUMAN F. A study of occupant cooling by personally controlled air movement. **Energy and Buildings** 27:45–59, 1998.
- ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy. **ASHRAE**: Atlanta, 2004.
- CABANAC, M. Physiological role of pleasure. **Science**, v.17, pp. 1103-1007, 1971.
- de DEAR. The theory of thermal comfort in naturally ventilated indoor environments: “The pleasure concept”. 3rd International Workshop on Natural Ventilation, Tokyo, 2009. **Proceedings...** Tokyo, 2009.
- de DEAR, R.; BRAGER, G. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v 34, 2002.
- FOUNTAIN, M.E., HUIZENGA, C. WinComf: A Windows 3.1 Thermal Sensation Model - User’s Manual. **Berkeley: Environmental Analytics**, 1996.
- ISO International Standard 7730: Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions of Thermal Comfort. Geneva, **International Standards Organization**, 2005.
- MCINTYRE, D.A. Preferred air speed for comfort in warm conditions. **ASHRAE Trans**, v 84, 1978.
- TOFTUM, J. Air movement – good or bad? **Indoor Air**, 14, pp. 40-45, 2004.
- YANG, W., ZHANG, G. Thermal comfort in naturally ventilated and air-conditioned buildings in humid subtropical climate zone in China. **Int J Biometeorol** 52:385–398, 2008.
- (A) ZHANG, G., ZHENG, C., YANG W., ZHANG, Q., MOSCHANDREAS, D. J. Thermal Comfort Investigation of Naturally Ventilated Classrooms in a Subtropical Region. **Indoor and Built Environment**, 16; 148, 2007.
- (B) ZHANG, H, ARENS, E., FARD, A.S., HUIZENGA, C. PALIAGA, G, BRAGER, G., ZAGREUS, L. Air movement preferences observed in office buildings. **Int J Biometeorol**, 51:349–360, 2007.