



XII Encontro Nacional e
VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

25 a 27 de Setembro

SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADO: ABORDAGEM DE RELATOS E DO ÍNDICE PMV

Monica Faria de Almeida Prado (1); Rosana Maria Caram (2)

(1) Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia – IAU/USP, Docente da Escola Superior de Tecnologia e Educação de Rio Claro – S.P. /Faculdades ASSER, nicafap@hotmail.com

(2) Professora Associada do Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU/USP, rcaram@sc.usp.br
Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq. Arnold Schimidt, São Carlos–SP,
13566-590, Tel.: (16) 3373-9312

RESUMO

A sensação térmica obtida em edifícios destinados ao processo fabril interfere significativamente no desenvolvimento da atividade a ser executada. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi identificar a sensação térmica e a preferência térmica em uma indústria do setor calçadista. Para alcançar este objetivo foi elaborado um questionário com base na escala de sensação térmica apresentada pela ASHRAE 55-2010. Para identificar a preferência térmica dos funcionários também foi utilizada uma escala de sete pontos, correlacionada à primeira. A aplicação de questionários foi realizada em três horários distintos durante o expediente da fábrica no mês de junho e novembro, sendo direcionados a todos os funcionários atuantes no setor de produção. Além da opinião do usuário, foram estimados os índices PMV e PPD dos funcionários. Para este estudo foi escolhida uma empresa localizada no município de Jaú, que é um importante pólo nacional de fabricação de calçados. Os resultados mostraram que no período de verão há um desconforto térmico para o calor que se agrava no turno da tarde, quando os operários relatam uma sensação térmica que varia entre “calor” (+2) e “muito calor” (+3), sendo preferido pela maioria dos usuários um ambiente “mais fresco”. Já no período de Junho foi possível observar um desconforto para o “frio” (-2), quando foi desejado um ambiente um “pouco mais aquecido”, com destaque para o início da manhã e o final da tarde. Assim, foi possível observar que o galpão industrial avaliado possui condições térmicas desfavoráveis para que o trabalhador execute suas tarefas sentindo-se confortável termicamente.

Palavras-chave: sensação térmica, preferência térmica, indústria de calçado.

ABSTRACT

The thermal sensation obtained in buildings designated for manufacturing process interferes significantly in the development of the activity that is being executed. Considering this, the objective of this study was to identify the thermal sensation and thermal preference in a footwear manufacturing industry. To achieve this goal a questionnaire was drawn up based on the thermal sensation scale presented by the ASHRAE 55-2010. In order to identify the thermal preference of the employees, a seven-point scale was used, correlating this to the first. The application of questionnaires was performed in three different times during working shift of the factory in June and November, being directed to all employees working in the manufacturing sector. Besides user opinion, PMV and PPD indexes of the employees were calculated. For this study it was chosen a company located in the city of Jau, which is a major hub of national footwear manufacturing. The results showed that during the summer there is a thermal discomfort for the heat that worsens in the afternoon shift, when workers reported a thermal sensation ranging from “warm” (+2) and “hot” (+3), in which most users preferred a “cooler” environment. In the period of June it was possible to observe a discomfort for the “cool” (-2), when it was desired an atmosphere a “little warmer”, with emphasis at early morning and late afternoon. Thus, it was possible to observe that the evaluated industrial shed has unfavorable thermal conditions in order to the employee perform his duties feeling thermally comfortable.

Keywords: thermal sensation, thermal preference, footwear industry.

1. INTRODUÇÃO

Propiciar condições térmicas agradáveis é um dos requisitos que o edifício deve oferecer ao usuário. A ausência de conforto térmico pode interferir no organismo humano e afetar o desempenho da atividade exercida pelo homem, assim quando se trata de ambientes de trabalho é necessário que se tenha cautela para não comprometer a produção. Conforme apresentado por Ruas (1999), as condições térmicas de um ambiente de trabalho dependem não apenas do clima, mas da carga térmica proveniente das atividades desempenhadas e dos equipamentos utilizados nas atividades, além das características construtivas do ambiente e da sua capacidade de manter condições internas termicamente adequadas/confortáveis. Com isto, comumente pode-se encontrar ambientes de trabalho com temperatura do ar superior à do ar externo.

Diante deste contexto pode-se ressaltar os trabalhos apresentados por Roriz (1999) – que estudou condições térmicas de um pavilhão industrial, Zolfaghari e Maerefat (2011) – que estudaram um novo índice para avaliar a sensação e a resposta térmica do homem e Prado (2012) – que avaliou as condições térmicas nas indústrias calçadistas, do qual este trabalho é resultante.

Há uma grande parcela de edifícios que se destinam a atividade calçadista, pois a produção industrial brasileira neste setor se destaca mundialmente. No interior de São Paulo os municípios de Franca, Birigui e Jaú são responsáveis pela grande produção do produto através de empresas de pequeno e médio porte. O edifício industrial adotado para análise neste artigo é integrante de um conjunto localizado no município de Jaú, ventilado naturalmente e que se caracteriza por uma geometria retangular em alvenaria revestida e cobertura metálica, conforme Figura 1 e detalhes presentes nos trabalhos publicados pelas autoras.

Estes edifícios apresentam características e estratégias, bastante reduzidas, para que haja um bom desempenho térmico, que somadas à carga térmica gerada pela atividade industrial, pode provocar uma sensação térmica desconfortável aos funcionários. Assim, neste estudo busca-se aferir a satisfação térmica dos funcionários através dos relatos dos funcionários e do índice de conforto térmico denominado *Predicted Mean Vote* (PMV) e *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD), por ser um índice que considera a taxa metabólica exigida pela atividade desenvolvida, adotado pela ISO 7730 e qual teve sua aplicabilidade estudada por Voltani (2009), em edifícios industriais.



Figura 1 – Indústria de calçado, Jaú/S.P.

2. OBJETIVO

Identificar a sensação e a preferência térmica em uma indústria do setor calçadista, de médio porte, através da opinião dos usuários e do índice PMV.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em quatro etapas principais:

1. Elaboração de questionário;
2. Aplicação do questionário;
3. Estimativa do índice PMV e PPD;
4. Análise dos dados de sensação e preferência térmica.

3.1. Elaboração do questionário

A estrutura do questionário foi guiada pela escala de sensação térmica, conforme Tabela 1, apresentada pela ASHRAE 55 (2010) e também encontrada no trabalho de Fanger (1970) para abordagem do método que indica a sensação térmica estimada de um grupo denominada *Predicted Mean Vote* (PMV).

Tabela 1 – Escala de sensação térmica

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
<i>cold</i>	<i>cool</i>	<i>slightly cool</i>	<i>neutral</i>	<i>slightly warm</i>	<i>warm</i>	<i>hot</i>

Fonte: ASHRAE 55 (2010); Fanger (1970), adaptada pela autora

3.2. Aplicação do questionário

A coleta dos dados através do questionário ocorreu em um dia típico de trabalho nos meses de Junho e Novembro, quando a produção está em alta. O questionário foi aplicado no setor de produção envolvendo todos os funcionários dos setores de montagem, corte, pesponto e almoxarifado. Os funcionários foram indagados em três períodos distintos: início da manhã, início e fim da tarde, com questões apresentadas a seguir na Figura 2. Além da coleta de opinião de sensação e preferência térmica momentânea, foram questionadas as condições térmicas sentidas no verão e inverno, no período diurno e vespertino, conforme Figura 3.

Qual a **sensação térmica** que você **tem** neste momento?

- 3 () muito frio
- 2 () frio
- 1 () pouco frio
- 0 () nem frio nem calor
- +1 () pouco calor
- +2 () calor
- +3 () muito calor

Como você **gostaria** que o ambiente estivesse agora?

- 3 () muito mais fresco
- 2 () mais fresco
- 1 () pouco mais fresco
- 0 () igual
- +1 () pouco mais aquecido
- +2 () mais aquecido
- +3 () muito mais aquecido

Figura 2 – Questionamento para sensação e preferência térmica do momento Fonte: Prado, 2012

No verão, no período da tarde, você considera o ambiente:		No inverno, no período da manhã, você considera o ambiente:	
		E de manhã no verão?	E a tarde no inverno?
-3 (<input type="checkbox"/>)	muito frio	-3 (<input type="checkbox"/>)	muito frio
-2 (<input type="checkbox"/>)	frio	-2 (<input type="checkbox"/>)	frio
-1 (<input type="checkbox"/>)	levemente frio	-1 (<input type="checkbox"/>)	levemente frio
+1 (<input type="checkbox"/>)	levemente calor	+1 (<input type="checkbox"/>)	levemente calor
+2 (<input type="checkbox"/>)	calor	+2 (<input type="checkbox"/>)	calor
+3 (<input type="checkbox"/>)	muito calor	+3 (<input type="checkbox"/>)	muito calor

Figura 3 – Sensação e Preferência térmica para os períodos de verão e inverno Fonte: Prado, 2012

3.3. Estimativa do índice PMV e PPD

Para estimar o índice PMV e PPD foram coletados dados das variáveis ambientais e pessoais durante todo o período de expediente. Posteriormente foram gerados os índices em questão.

3.3.1. Variáveis ambientais

Para coletar dados de temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa e velocidade do ar, utilizou-se o Confortímetro SENSU mostrado na Figura 4. A escolha do equipamento ocorreu por permitir a coleta integrada dos dados e possuir um *software* capaz de gerar os índices abordados. O setor de montagem foi selecionado para locação do equipamento, em virtude de serem desenvolvidas atividades que exigem um maior esforço físico entre as etapas de produção e da limitação de obter disponível um único equipamento. Após a escolha do setor, foi escolhido um ponto de locação para o aparelho, conforme disponibilidade de alcance à rede elétrica, permissão da gerência para não interferir no desenvolvimento das atividades, além de priorizar o distanciamento de superfícies radiantes que pudessem interferir nos resultados.



Figura 4 – Confortímetro SENSU

3.3.2. Variáveis pessoais

Para mensurar o isolamento térmico da vestimenta dos funcionários foi feito um levantamento das peças de roupas utilizadas por eles em três períodos: início da manhã, início da tarde. Após a coleta para cada peça foi considerado o valor de isolamento térmico apresentado pela ISO 7730, gerando o valor total de isolamento pelo conjunto de peças utilizado por cada um dos funcionários e em seguida adotado a combinação de maior frequência entre o grupo em cada um dos três períodos.

A taxa metabólica utilizada para o cálculo do índice foi de 1,66met ($96,61\text{W/m}^2$), valor obtido através de uma média entre as taxas apresentadas por Voltani¹ (2009) e que muito se aproximam de 1,6met, conforme taxa estimada pela ISO 7730 para indústrias com atividades leves.

3.3.3. Os índices PMV e PPD

Os índices foram gerados a partir do *software* Sensu-Visual, o PMV é apresentado numericamente compreendido em um intervalo de três negativos e três positivos, conforme a escala da ASHRAE-55 apresentada na Tabela 1. O índice PPD é expresso em porcentagem.

3.4. Análise das opiniões dos funcionários e dos índices

Os resultados foram analisados com base nos parâmetros apresentados por Fanger (1970), que considera um ambiente confortável quando uma porcentagem inferior a 10% dos usuários está insatisfeita e o voto médio estimado entre -0,5 e +0,5, correspondendo a uma sensação próxima a de conforto/neutralidade térmica representa pelo 0. Todos os dados, oriundos do questionário e do SENSU, foram transferidos ao *software* Excel para dar origem aos gráficos.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão apresentados na sequência e são referentes aos dias 09 de junho e 24 de novembro de 2011. Os gráficos representam os índices estimados e a opinião coletada com a colaboração de todos os funcionários ativos no setor de produção.

4.1. Sensação e Preferência Térmica momentânea

A sensação térmica no início da manhã e no início da tarde prevalece entre “frio” (-2) e “muito frio” (-3), conforme Figura 5 e Figura 6, no entanto, no início da tarde, a porcentagem de funcionários com este nível de desconforto térmico é reduzida, aumentando a parcela de pessoas que se sentem termicamente confortáveis e/ou com leve desconforto. Nestes períodos, a média do grupo foi de -1,94 (manhã) e -1,86

¹ Que tiveram maior correlação entre os votos de sensação térmica dos funcionários e os índices calculados. Os valores correspondentes a cada etapa de trabalho também podem ser encontrados no trabalho de Prado (2012).

(tarde), equivalentes a uma sensação entre “pouco frio” (-1) e “frio” (-2), pois uma porcentagem do grupo, ainda que reduzida, relatou estar com a sensação de “pouco calor” e/ou neutralidade térmica. Este quadro em relação à sensação obtida refletiu diretamente nos resultados em relação à preferência térmica que ficou entre o desejo de que o ambiente fosse um “pouco mais aquecido” (+1), tendo 51,19% dos votos no início da manhã. No período da tarde o desejo de um ambiente “mais aquecido” (+2) liderou a opinião, com 56,25% dos votos, quando 18,75% das pessoas preferiam que o ambiente continuasse da mesma forma.

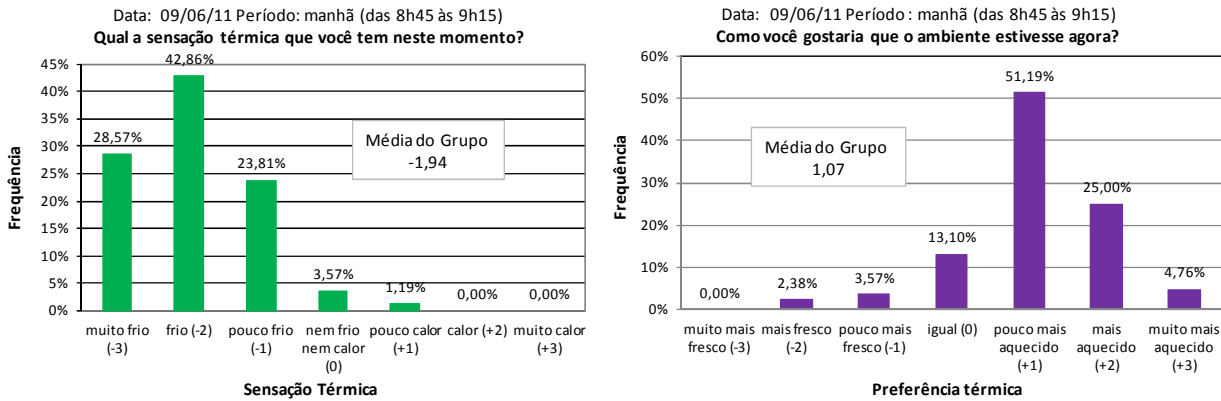


Figura 5 – Sensação e preferência térmica no início da manhã em Junho Fonte: Prado, 2012

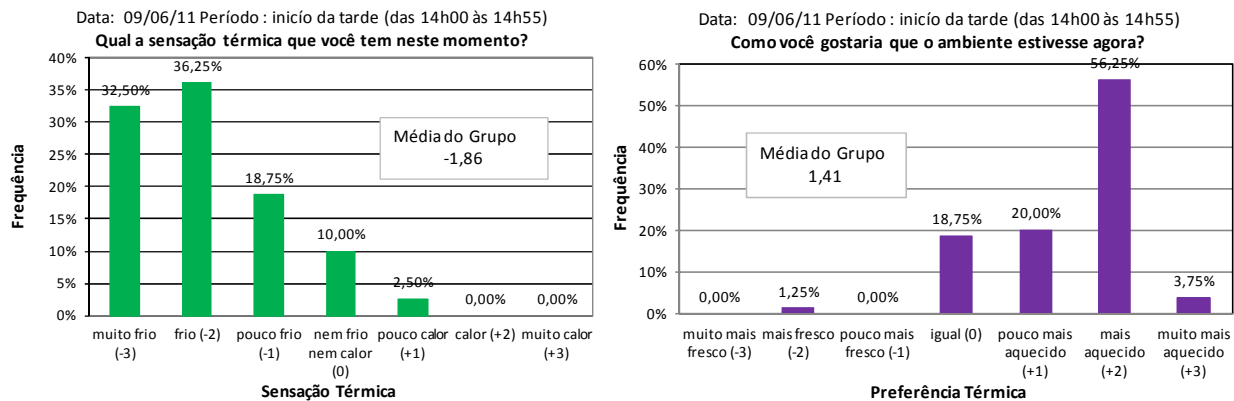


Figura 6 – Sensação e preferência térmica no início da tarde em Junho Fonte: Prado, 2012

No final da tarde a sensação de “frio” (-2) e “muito frio” (-3), se intensificou para a maioria, atingindo uma porcentagem pouco superior a 90% do grupo, considerando essas duas sensações. Desta forma a média do grupo foi de -2,35, como apresentado na Figura 7. A preferência térmica do grupo foi de um ambiente “mais aquecido” (+2), assim como no início do período, porém com uma porcentagem um pouco superior.

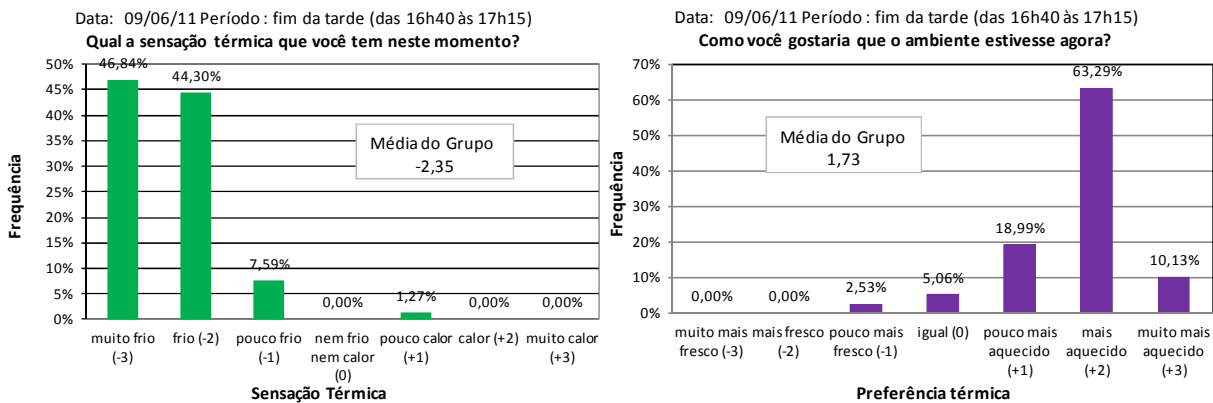


Figura 7 – Sensação e preferência térmica no fim da tarde em Junho Fonte: Prado, 2012

As opiniões mencionadas no dia 24 de Novembro no início da manhã descrevem, de modo geral, um ambiente termicamente confortável já que a média do grupo foi de 0,43, pois grande parte dos funcionários relatou estar em neutralidade térmica (0) e/ou com “pouco calor” (+1) ou “pouco frio” (-1). Desta forma 50% do grupo afirmou que o ambiente deveria permanecer do modo em que se encontrava, seguido da preferência de um ambiente um “pouco mais fresco”, com 22,41% dos votos, como representado na Figura 8.

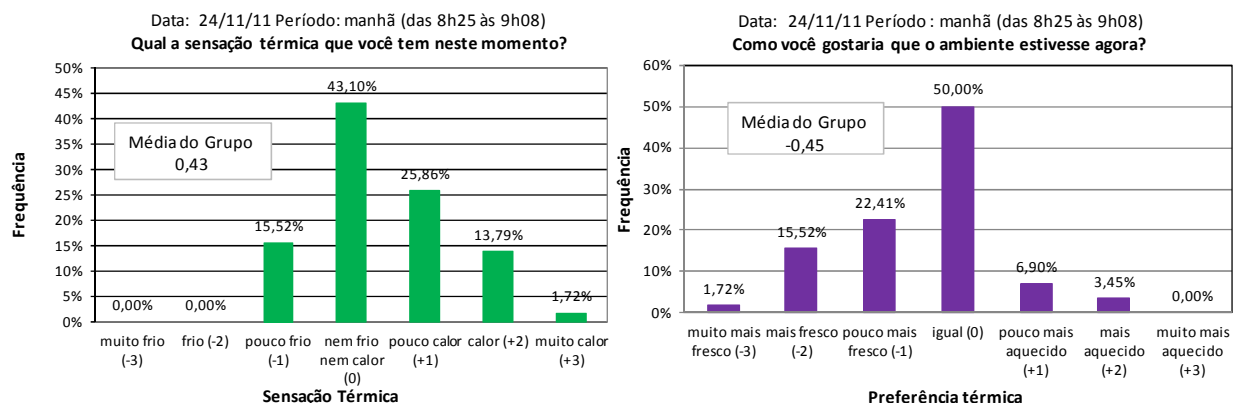


Figura 8 – Sensação e preferência térmica no início da manhã em Novembro Fonte: Prado, 2012

No período da tarde, tanto no início como no fim, ficou evidente o desconforto térmico para o calor, tendo a maioria dos votos entre a sensação de “calor” (+2) e “muito calor” (+3), com média de 2,11(início) e 2,07 (fim da tarde), como mostra a Figura 9 e a Figura 10. A preferência térmica em ambos os horários é de um ambiente “mais fresco” (-2), com 39,29% dos votos, e médias muito próximas (-1,71 e -1,63).

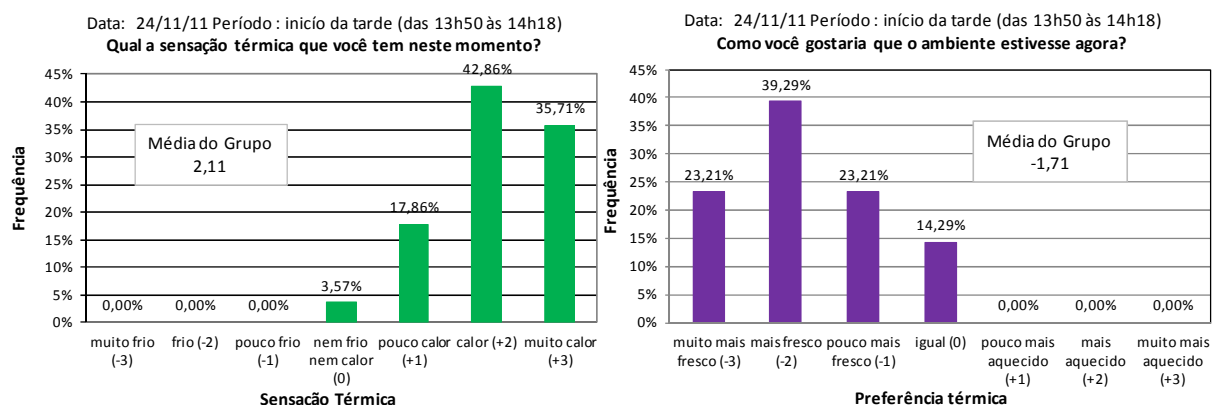


Figura 9 – Sensação e preferência térmica no início da tarde em Novembro Fonte: Prado, 2012

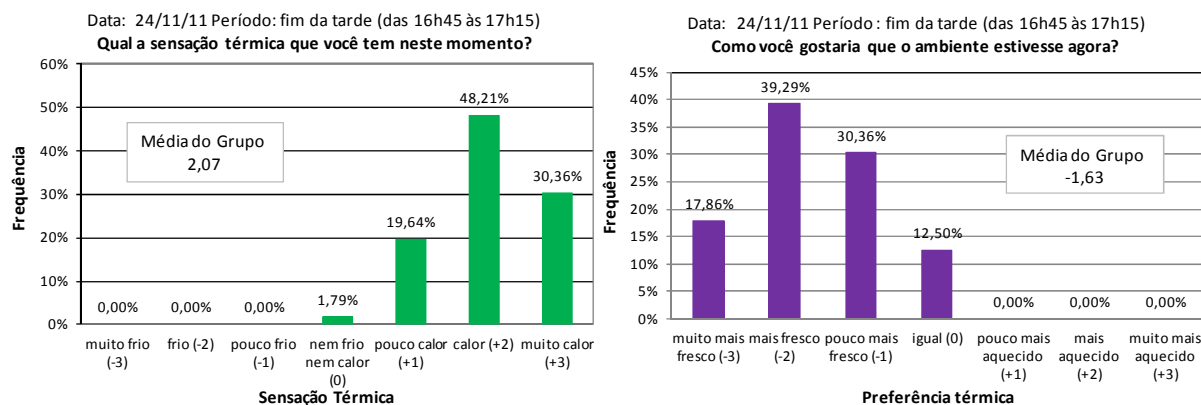


Figura 10 – Sensação e preferência térmica no fim da tarde em Novembro Fonte: Prado, 2012

4.2. Condições térmicas nos períodos de verão e inverno

Através do questionamento em relação às condições térmicas oferecidas pelo ambiente, é possível perceber que os períodos de maior desconforto térmico ocorrem no período da manhã no inverno, prevalecendo à sensação de “muito frio” no período da manhã, e no período da tarde no verão, quando predomina a sensação

de um ambiente “muito quente”, como ilustrado na Figura 11. Vale comentar, que no inverno, no período da tarde, um pequeno grupo considera o ambiente “levemente quente”/“quente”, mas um grande número considera o ambiente com leve desconforto para o frio, quando pode ser cogitada uma sensação próxima a de conforto. No verão, no período da manhã, um pequeno grupo considera o ambiente “levemente frio”/“frio”.

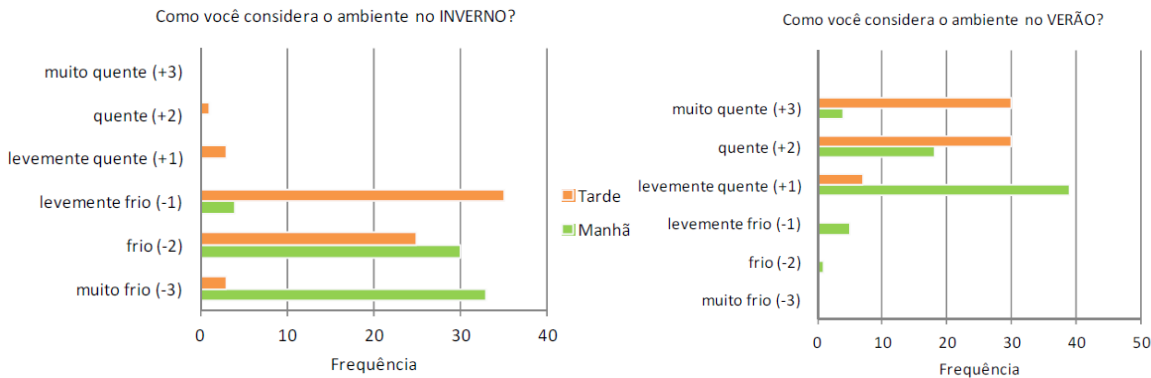


Figura 11 – Condições térmicas relatada para inverno e verão Fonte: Prado, 2012

4.3. Índices PMV e PPD

Os índices gerados correspondem ao horário das 8h00 às 17h00, sendo que das 11h00 às 12h45 houve a desocupação do prédio para o almoço dos funcionários, como ocorre diariamente.

Pode-se notar através da Figura 12 que em 09 de Junho houve um desconforto significativo no período da manhã, que se agravou por volta das 9h00, quando a porcentagem de insatisfeitos atinge 40% e o voto médio estimado fica 1,29 negativo, que representa uma sensação que oscila entre “frio” e “pouco frio”. Este desconforto foi bastante reduzido no período da tarde quando a sensação de ambiente confortável predominou, situação evidenciada as 16h11 quando mais de 90% dos ocupantes estão próximos a neutralidade térmica, representado por 0,29 positivo, e a porcentagem de insatisfeitos é inferior a 10%, conforme considerado nas normalizações que abordam o método e utilizadas como parâmetro, conforme metodologia apresentada.

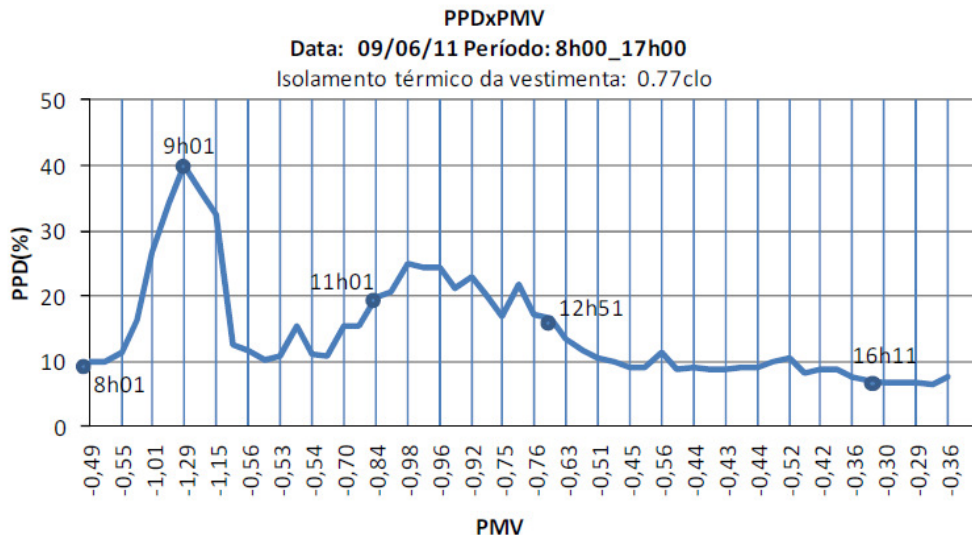


Figura 12 – PPD em função do PMV para um dia no mês Junho Fonte: Prado, 2012

A Figura 13 resultado da avaliação de um dia do mês de Novembro, revela um maior período de desconforto, quando comparado aos resultados de Junho. Pode-se notar a sensação de “frio” no início da manhã, próximo as 8h05, quando o índice estimado é de 1,83 negativos, quando o desconforto atinge 70% dos funcionários. Próximo as 11h00 houve um curto período de neutralidade térmica, que marca a inversão de desconforto para o “calor”, presente em todo período da tarde, horário mais crítico em que atinge aproximadamente 90% de pessoas insatisfeitas termicamente, com índices estimados acima de 2,00 positivo.

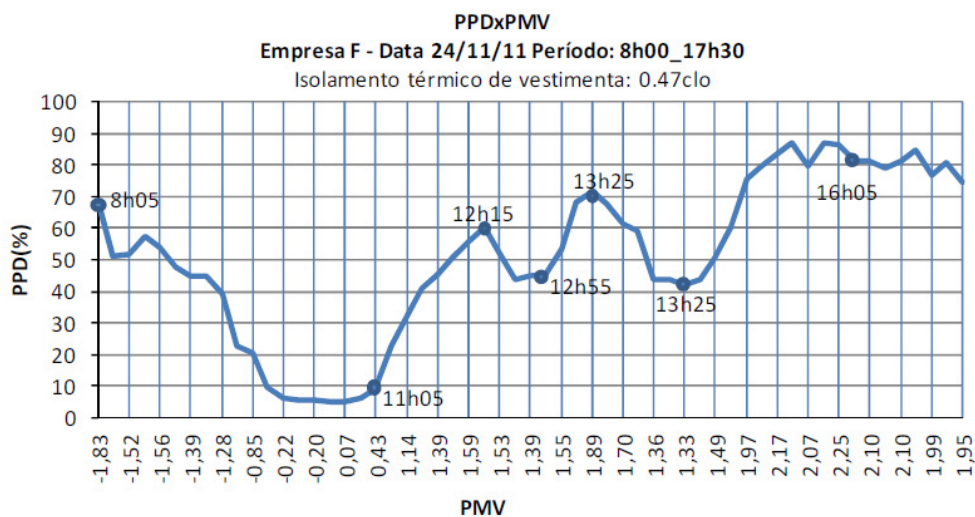


Figura 13 – PPD em função do PMV para um dia no mês de Novembro Fonte: Prado, 2012

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que no período de verão há um desconforto térmico para o calor que se agrava no turno da tarde, quando os operários relatam uma sensação térmica que varia entre “calor”(+2) e “muito calor” (+3), sendo preferido pela maioria dos usuários um ambiente “mais fresco”. As opiniões coletadas corroboram com os índices PMV e PPD calculado, que estima aproximadamente 90% de ocupantes insatisfeitos com as condições térmicas do ambiente.

Já no período de Junho foi possível observar um desconforto para o “frio” (-2), quando foi desejado um ambiente um “pouco mais aquecido”, com destaque para o início da manhã, com resultados similares entre os índices gerados e a opinião relatada.

Embora este trabalho apresente resultados de apenas dois dias, um de Junho e um de Novembro, foi possível observar que o galpão industrial avaliado possui condições térmicas desfavoráveis para que o trabalhador execute suas tarefas sentindo-se confortável termicamente. Assim os dados aqui apresentados reforçam a necessidade de melhorias no edifício, como consta nos trabalhos de Prado e Caram (2011), quando avaliada as características dos edifícios da indústria calçadista que contribuem para um bom condicionamento térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING. **ANSI/ASHRAE 55-2010**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2010.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva.2005.
- PRADO, M. F. A. Análise sobre a adequação de estratégias passivas para conforto térmico em galpões industriais do setor calçadista. In: IV CBEE - Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2011. **Anais...** Juíz de Fora - Minas Gerais.
- PRADO, M. F. A. Caracterização das estratégias passivas para conforto térmico em indústrias de calçados de Jaú. In: XI ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído VII ELACAC Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011. **Anais...** Búzios - Rio de Janeiro.
- PRADO, M. F. A. **Conforto térmico nas indústrias de calçados de Jaú**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Carlos, 2012.
- RORIZ, M. Condicionamento termico de um pavilhao industrial. In: V ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II ELACAC Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...**Fortaleza, 1999.
- RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Ministério do trabalho, FUNDACENTRO, 1999.
- VOLTANI, E. V. **Avaliação do conforto térmico em indústrias de calçados**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- ZOLFAGHARI, A.; MAEREFAT, M. (2011). A new predictive index for evaluating both thermal sensation and thermal response of the human body. **Building and Environment**, v. 46, issue 4, p. 855–862.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao Laboratório de Conforto Ambiental da USP, ao Saulo Gunths (LMPT/UFSC) e a equipe da indústria calçadista jauense.