



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA CONFORTO TÉRMICO EM INDÚSTRIAS DE CALÇADOS DE JAÚ

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

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia,
nicafap@hotmail.com

(2) Professora Associada do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, rcaram@sc.usp.br
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC/USP

Departamento de Arquitetura e Urbanismo,

Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq. Arnold Schimidt, São Carlos-SP, 13566-590, Tel.: (16) 3373-9312

RESUMO

Obter conforto térmico em ambientes de trabalho é de fundamental importância para menor consumo energético e melhor nível de produtividade. O objetivo deste artigo é caracterizar e analisar as estratégias passivas de uma parcela dos edifícios das indústrias de calçados de Jaú, aplicadas para obtenção de conforto térmico no período de verão. Fornecer também subsídios para melhorias dos galpões já existentes, e para novos projetos de galpões industriais. Para isto, foi feito um levantamento fotográfico e realizadas visitas internas em galpões industriais. As soluções adotadas nas edificações existentes foram comparadas com as estratégias passivas recomendadas pela NBR 15220, para zona bioclimática 4 – a qual se enquadra o município de Jaú. Os resultados mostram que as estratégias passivas adotadas não estão completamente adequadas, conforme recomendações fornecidas pela norma brasileira. Portanto, há necessidade de otimizar as estratégias encontradas, para que se possa promover maior conforto térmico aos usuários.

Palavras-chave: estratégias passivas, conforto térmico, indústrias de calçados.

ABSTRACT

Thermal comfort in work environments is important for lesser energy consumption and level better of productivity. The objective of this article is to characterize and to analyze the passive strategies of a parcel of the footwear industries buildings located in Jaú, applied for attainment of thermal comfort in the period of summer. To supply subsidies improvements of the existing industries, and new industrial projects. For this, a photographic survey was made and carried through internal visits in the industries. The solutions adopted in the constructions had been compared with the passive strategies recommended by NBR 15220, for bioclimatic zone 4 - which if it fits the city of Jaú. The results show that the adopted passive strategies are not completely adjusted, as recommendations supplied for the brazilian standard. Therefore, it has necessity to optimize the found strategies, so that if it can promote greater thermal comfort to the users.

Keywords: passive strategies, thermal comfort, industries of footwear.

1. INTRODUÇÃO

Segundo pesquisa realizada sobre os pólos calçadistas brasileiros (Assistencial by Brasil, 2007), “o Brasil tem representado um relevante papel na História do Calçado”. É um dos países que mais fabrica manufaturados em couro, ocupando o terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais, com importante participação na produção de calçados femininos de qualidade e preços acessíveis.

Esta mesma pesquisa aponta que o interior do estado de São Paulo apresenta grande destaque na sua produção, perdendo apenas para o Rio Grande do Sul, onde está a maior concentração de empresas de grande porte do setor.

Para ocupar esta colocação o estado de São Paulo conta com três cidades que têm intensa produção de calçados, dentre elas estão Franca: considerada a capital nacional do calçado masculino, Birigui – considerada a capital nacional do calçado infantil e Jaú – a capital nacional do calçado feminino.

Considerado um pólo calçadista de referência, sua produção tem alcançado âmbitos internacionais, fazendo jus ao título que carrega. Com isto o setor calçadista de Jaú é o responsável por grande parcela da taxa de empregabilidade e renda per capita do município.

A capital do calçado feminino abriga: 250 empresas de calçados femininos; 800 bancas de prestação de serviços; 120 empresas de componentes para calçados, 3 curtumes, 4 empresas de artefatos de couro e 3 shoppings com 175 lojas de sapatos, e juntas estas empresas geram cerca de 17 mil empregos diretos, onde deste total 8.390 estão nas Indústrias de Calçados (APL, 2007). Diante destes números, os galpões disponíveis, com área suficiente para abrigar tais atividades estão espalhados por toda extensão municipal, como pode-se observar na Figura 1.

A maioria das empresas inicia suas atividades dentro de prédios disponíveis para locação, e se adaptam aos galpões já existentes na cidade. Isto se deve ao fato de que as empresas de pequeno porte totalizam em 90% das indústrias, sendo o restante de médio porte.

Ciente da importância do conforto térmico em espaços destinados à atividade laboral, este artigo caracteriza e analisa as soluções passivas encontradas em uma parcela destas edificações.

Ainda que desenvolvido no município de Jaú, poderá servir de base especialmente para trabalhos em municípios que possuem as mesmas características climáticas, ressaltando que - segundo a classificação realizada pela NBR 15220, é o caso de Franca – capital nacional do calçado masculino.

Trabalhos realizados em galpões industriais e normalizações em conforto ambiental elaboradas especificamente para edifícios com esta finalidade são restritos.



Figura 1 - Distribuição das indústrias de calçados em Jaú / Fonte: Google adaptado pelo Sindicato das Indústrias de Jaú, 2007

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é caracterizar e analisar as estratégias passivas, de uma parcela dos edifícios das indústrias de calçados de Jaú, aplicadas para obtenção de conforto térmico no período de verão. Fornecer também subsídios para melhorias dos galpões já existentes, e para novos projetos de galpões industriais.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas etapas:

1. Levantamento fotográfico da área externa dos edifícios.
2. Visitas internas para identificação das estratégias passivas utilizadas para obtenção de conforto térmico, tendo como parâmetro aquelas indicadas pela NBR 15220.

3.1. Levantamento fotográfico externo

Foram fotografados 11,2% (28 galpões) dos 250 edifícios destinados ao abrigo de indústrias de calçados no município de Jaú. Nesta etapa, foram recolhidas informações sobre o material utilizado nas vedações externas (parede e cobertura) e sistemas de ventilação, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1– Modelo de ficha utilizada para caracterização externa das indústrias

1	Nome da empresa ¹					
Endereço		---				
Ponto de referência		---				
						
Sistema Construtivo						
Ventilação Principal (área de produção)			Parede		Cobertura	
Esquadrias nas paredes	Cobertura (Shed)	Obs.	Alvenaria (Bloco cerâmico ou cimento)	Obs.	Metálica	Obs.
x	-	exaustor	x	-	x	Faixa translúcida

3.2. Visita interna às indústrias para identificação das estratégias passivas

Após a caracterização externa das 28 indústrias, foram visitadas internamente oito indústrias, e neste artigo são apresentadas quatro delas. Foi estabelecido como critério para a seleção das mesmas, os diferentes tipos de sistemas de ventilação encontrados (através de esquadrias ou sheds), além da facilidade ao acesso. Em cada uma delas, foram identificadas as soluções passivas adotadas, as quais posteriormente comparadas com as diretrizes e estratégias de condicionamento passivo para o verão, recomendadas pela NBR 15220, conforme apresentado na Tabela 2. Apesar de se tratar de uma normatização elaborada para aplicação em edifícios residenciais, considera-se aplicável as estratégias passivas recomendadas para cada região bioclimática em ambientes construídos de diversos segmentos, e adota-se a mesma pela carência de normas criadas diretamente para edifícios industriais. Para melhor compreensão das estratégias, quando necessário, foi obtida informações relatadas por pessoas atuantes nas empresas.

Tabela 2- Diretrizes construtivas e estratégias passivas para o período de verão recomendadas à zona bioclimática 4

Aberturas para ventilação	Médias		15% < A < 25%, onde A, representa a porcentagem de área de abertura em relação a área do piso		
Sombreamento das Aberturas	Sombrear as aberturas				
Vedações externas	Parede	Pesada	Transmitância Térmica U (W/m ² .K)	Atraso Térmico φ (Horas)	Fator Solar FS _o (%)
			U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FS _o ≤ 3,5
	Cobertura	Leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≥ 3,3	FS _o ≤ 6,5
Estratégias de condicionamento térmico passivo	Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento			
		J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)			

Fonte: NBR15220/3, adaptado pela autora

¹ Dados referentes à identificação da empresa são preservados

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados estão apresentados em duas partes, de modo que a primeira refere-se ao sistema de ventilação, e aos materiais utilizados nas vedações externas (parede e cobertura) - obtidos através do levantamento externo. A segunda apresenta as estratégias passivas encontradas nas empresas visitadas, comparando-as com as diretrizes recomendadas pela norma brasileira de desempenho térmico (NBR 15220).

4.1. Levantamento dos edifícios: caracterização externa

Através do levantamento externo, pode-se observar que os edifícios das indústrias de calçados de Jaú apresentam padrões construtivos recorrentes. Este aspecto é observado principalmente em relação à geometria dos galpões de produção, aos aspectos dos sistemas de ventilação, e aos materiais utilizados nas paredes e nas coberturas. A Tabela 3 apresenta o resumo dos materiais coletados nos 11,2% dos edifícios (28 galpões).

Tabela 3 - Caracterização externa das indústrias

Empresa	Geometria	Circulação do ar / Ventilação			Paredes (Alvenaria (bloco cerâmico ou cimento))	Cobertura	
		Esquadria nas paredes	Cobertura (shed)	Obs. (exa ou sh.u)		Metálica	Obs. (ft)
Total	28/28	20/28 ²	8/28	7/20 exa ³ 1/8 exa 2/20 sh.u	28/28	28/28	8/8 7/20

Legenda: exa= exaustor; sh.u: shed único; ft: faixa em policarbonato translúcido.

Em relação à geometria dos galpões, todos apresentam formato retangular, cuja construção se fez utilizando blocos cerâmicos ou de cimento, sendo que não foi encontrado nenhum outro tipo de sistema construtivo.

A circulação de ar no espaço fabril ocorre em 72% dos edifícios observados, principalmente através de esquadrias - distribuídas nas paredes de vedação do edifício. Em apenas 28 % há a presença de sheds em toda cobertura. Das 20 empresas que apresentam esquadrias, 20% apresentam incremento do sistema de ventilação com shed único na cobertura, e 35% são incrementados com exaustores eólicos na cobertura, os quais puderam ser notados externamente. Já das 8 empresas que apresentam cobertura em shed, apenas 12,5% recorrem à utilização de exaustores.

Todas as empresas foram construídas utilizando cobertura metálica. Os edifícios cuja ventilação é realizada através das esquadrias, possuem coberturas em formato semi-circular ou inclinadas - uma ou duas águas. Nestas, em 35% dos casos a cobertura é composta também de policarbonato translúcido. As empresas que possuem cobertura em shed apresentam este dispositivo fechado verticalmente com policarbonato translúcido (ver Figura 2).

² Os números apresentam a relação entre o total de empresas registradas e o total de empresas com determinada característica. Assim, onde está 20/28, lê-se que 20 das 28 indústrias possuem ventilação através de esquadrias. Consideração válida para todas as características desta tabela.

³ As observações foram realizadas separadamente para cada grupo de edifício (diferenciado pelo sistema de ventilação). Desta forma, onde consta 7/20 lê-se: 7 das 20 empresas, cuja ventilação é realizada por meio de esquadrias, possui exaustores. Considerações válidas para todas as observações desta tabela.



Figura 2 - Cobertura metálica semi-circular (empresa I) e em shed (empresa III), respectivamente

4.2. Identificação das estratégias passivas

A análise realizada incorpora os seguintes aspectos: aberturas, vedações externas e estratégia de condicionamento passivo. Esta abordagem foi realizada para as indústrias visitadas internamente e estudadas.

A Figura 3 apresenta as empresas I e II - que abrigam fábricas de pequeno porte e cuja ventilação ocorre por meio de esquadrias. A Figura 4, mostra as empresas III e IV - que são de médio porte e tem sua ventilação feita por meio de sheds e algumas esquadrias.



Figura 3 – Indústrias de pequeno porte: I e II respectivamente



Figura 4 - Indústrias de médio porte: IV e V, respectivamente

4.2.1. Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas

Para avaliação deste tópico são consideradas todas as esquadrias. Foram encontradas janelas tipo vitrôs e basculantes, além de portas comuns e industriais.

Para análise da área de ventilação foi levada em consideração apenas a área que permite a circulação de vento, em geral bem menor que a área total da esquadria. Os resultados (apresentados na Tabela 4) mostram que apesar da presença de uma quantidade significativa de aberturas distribuídas nas superfícies, elas são insuficientes para permitir ventilação adequada ao ambiente. Ainda que aproveite a direção predominante do vento, a porcentagem encontrada em relação à área de piso está muito distante da recomendada. Cabe lembrar, que esta diretriz foi elaborada para habitação residencial, e o nível de exigência para conforto térmico em ambientes de trabalho industrial é maior. Nesses ambientes, realizam-se atividades que exigem maior esforço físico, e cada atividade requer uma taxa metabólica específica, assim como -

segundo a ISO7730, a taxa correspondente a uma pessoa sedentária equivale a 1 met, já uma pessoa estando em um trabalho médio este valor é dobrado.

Tabela 4 - Das aberturas existentes nas indústrias⁴

Estratégia	Recomendado (conforme Tabela 2)	Empresa I	Empresa II	Empresa III	Empresa IV
Ventilação	15%<A<25%	A<8%	A<8%	A<5%	A<5%
Sombreamento das Aberturas	Sombrear	NO- 0/14	N-0/00	N- 0/01	N-0/01
		SE- 0/10	S-0/00	S-0/00	S-1/01
		NE-0/04	E-0/06	E-0/0	E-0/20
		SO- 0/00	O-0/06	O-1/01	O-0/00

Legenda: considerar fachadas: N: norte; S: sul; E: leste; O: oeste; NO: noroeste; SE: sudeste; NE: nordeste; SO: sudoeste

Em relação ao sombreamento das aberturas, pode-se observar na Tabela 4, que apenas 2 esquadrias estão sombreadas, sendo uma na fachada oeste da empresa III e uma na fachada sul da empresa IV.

Nas empresas I e II, nenhuma abertura é sombreada, ressaltando que na empresa II as fachadas estão completamente voltadas para orientação leste e oeste, recebendo incidência solar durante todo o dia. Esta empresa ainda tem as demais fachadas cegas, sendo que o edifício ocupa toda área do terreno, que tem comprimento aproximado de 50 metros. Entende-se que esta extensão é longa para que o fluxo de vento consiga cruzar todo o ambiente, considerando que ainda há presença de obstáculos como equipamentos e objetos, além das pessoas.

4.2.2. Transmitância térmica e fator solar das vedações externas

Como já havia sido observado no levantamento externo, todas as indústrias têm as paredes construídas em alvenaria, podendo ser em blocos cerâmicos ou concreto. Através das informações obtidas nas empresas, pode-se constatar que os edifícios das 4 empresas aqui apresentadas foram construídos com blocos cerâmicos. Relatos dos empresários revelam que a maior parte das indústrias é construída com este material.

Constatou-se que todas as paredes foram construídas em tijolos cerâmicos furados os quais foram revestidos com argamassa (Figura 5). As paredes das empresas I e IV possuem espessura total de 25 cm, e as das empresas II e III, 23cm. Para avaliação desta superfície considerou-se para todas as empresas tijolos cerâmicos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão com argamassa.

Como pode ser observado na Tabela 5, o valor de transmitância térmica fornecido pela NBR 15220 para o referido tijolo cerâmico corresponde a 1,61W/m²k. Este valor enquadra-se com o recomendado para a zona bioclimática 4, que deve ser menor ou igual a 2,20W/m²k. No entanto, o atraso térmico é menor que o estabelecido, já que se recomenda que seja maior que 6,5 horas e o encontrado foi de aproximadamente 5,9 horas.

Quanto às cores aplicadas nas paredes, estas são diversificadas. Em relação ao cálculo do fator solar, para caracterizar a absorvância das cores dos edifícios estudados, foram adotados os valores encontrados na NBR 15220 e no trabalho de Dornelles (2008). Na empresa I, considerou-se o tom terracota, na empresa II - amarelo e azul bali, na empresa III – amarelo canário, e na empresa IV erva-doce. Tendo como base estes referenciais, apenas a empresa I, apresenta inadequação quanto a porcentagem de fator solar absorvida nas paredes.



Figura 5 – Paredes constituída de tijolo cerâmico

⁴ As informações referentes ao sombreamento foram analisadas em cada fachada individualmente, a partir do total de aberturas presentes em cada uma delas. De modo que onde está escrito “NO- 0/14”, lê-se que nenhuma das 14 aberturas existentes estão sombreadas.

Tabela 5 - Das vedações externas

Estratégia/Diretriz	Recomendado	Empresa I	Empresa II	Empresa III	Empresa IV	
Vedações Externas	Parede: Pesada					
	Transmitância térmica U (W/m ² K)	U ≤ 2,20	1,61	1,61	1,61	1,61
	Atraso Térmico (horas)	φ ≥ 6,5	5,9	5,9	5,9	5,9
	Fator Solar (%)	FS _o ≤ 3,5	4,45	2,36	2,00	1,7
	Cobertura: leve isolada					
	Transmitância térmica (W/m ² K)	U ≤ 2,00	4,76	4,76	4,76	4,76
	Atraso Térmico (horas)	φ ≥ 3,3	0,007	0,007	0,007	0,007
	Fator Solar (%)	FS _o ≤ 6,5	0,15	0,15	5,33	5,33

Quanto à cobertura - importante superfície a ser analisada, já que está diretamente exposta aos raios solares durante todo o dia, observa-se que em todas as empresas o material é metálico, e em algumas indústrias parte de suas coberturas são em policarbonato translúcido. Apesar do material translúcido, permitir a passagem de grande porcentagem dos raios solares, a área da cobertura em que se utiliza este material é pequena em relação ao total da superfície: empresa I=10,8%; empresa II= 2,43%; empresa III= 23%; empresa IV= 17,66%. Assim, são consideradas nesta análise apenas as características do material metálico. Os valores apresentados na tabela 5, referentes à transmitância térmica e atraso térmico da cobertura, foram calculados a partir dos dados de densidade de massa, condutividade térmica e calor específico fornecido como características do alumínio⁵ na NBR 15220 e considerando fluxo descendente. Nota-se que o valor encontrado (4,76W/m²K) está muito distante do recomendado (menor ou igual a 2,00W/m²k) - o que era esperado, pois a chapa metálica fina (espessura aproximada de 0,003m) permite que a transferência de calor externo ocorra rapidamente para o interior do edifício. Isto não ocorre se estiver conjugada com outro material que permita maior isolamento térmico.

As empresas III e IV possuem suas coberturas pintadas externamente na cor branca, sendo que a primeira recebeu o tratamento há mais ou menos 3 anos e a segunda há um ano. Já as empresas I e II, não receberam nenhum tipo de pintura sobre a chapa metálica. De qualquer modo, todas as empresas apresentam fator solar adequado, tanto para as chapas pintadas na cor branca, como em sua cor natural – ainda que oxidada pelas intempéries, permitem a reflexão da radiação solar.

4.2.3. Resfriamento evaporativo e ventilação seletiva

A presença de soluções que permitem o resfriamento evaporativo ocorre nas empresas de médio porte.

Na empresa III, são espalhados ventiladores pelo ambiente, que permitem a aspersão de gotículas de água, intercalados aos ventiladores comuns – estes fixados em pilares e trilhos metálicos (Figura 6).



Figura 6 – Resfriamento Evaporativo a empresa III



Figura 7: Resfriamento evaporativo na empresa IV

⁵ algumas indústrias apresentam cobertura em aço galvanizado, porém adotou-se as características apenas de um material.

Na empresa IV, também há recursos que permitem o resfriamento evaporativo, o qual é feito por meio de equipamentos embutidos nas paredes, como mostrado na figura 7.

Em ambas empresas estes recursos são controlados, podendo ser utilizados em conjunto com os ventiladores simples ou individualmente, conforme necessidade e temperatura interna diária. Os equipamentos foram instalados com as empresas em funcionamento, e segundo relatos obtidos em entrevista, os funcionários informam que sentiram melhora significativa na temperatura do ambiente.

Em todas as empresas a ventilação é seletiva, pois a entrada dos ventos naturais através de esquadrias é controlável pelos funcionários, assim como a movimentação do ar realizada pelo auxílio dos ventiladores.

5. CONCLUSÕES

As características encontradas nas indústrias demonstram que existem indícios de preocupação com o conforto térmico dos usuários, porém as estratégias passivas adotadas não estão completamente adequadas conforme as recomendações fornecidas pela NBR 15220.

Quanto às aberturas, as porcentagens encontradas em relação às áreas de piso são insuficientes. Apesar de ser constante a presença de exaustores nas coberturas, que contribuem para retirada do ar quente, os vãos devem ser ampliados para que permitam maior circulação de ar, em todos os edifícios.

Quanto aos sombreamentos das aberturas, observa-se que são praticamente inexistentes em todas as fachadas das empresas visitadas. Através do levantamento externo, pode-se observar que não é uma prática comum sombreá-las.

Quanto às vedações externas, as paredes que são constituídas de tijolos cerâmicos permitem a transmitância térmica adequada para o município, porém o atraso térmico é menor que o recomendado. Esta deficiência pode ser minimizada pelo tipo de tinta aplicada nas fachadas. O fator solar encontrado para estas superfícies são satisfatórios para a maioria das empresas avaliada.

As coberturas metálicas adotadas apresentam valores de transmitância e atraso térmico insatisfatórios e distantes do recomendado. Ainda que o material apresente superfície refletora, e os valores encontrados para os fatores solares estejam adequados, deve-se considerar a aplicação de materiais que minimizem o aquecimento do ambiente, como por exemplo as mantas térmicas de lã de vidro.

Soluções que permitem o resfriamento evaporativo foram encontradas apenas nas indústrias de médio porte. Estas devem ser adotadas também para empresas de pequeno porte, por se tratar de uma estratégia eficaz recomendada pela NBR 15220.

Contudo, há necessidade de otimizar as soluções passivas encontradas.

A partir da análise apresentada neste artigo é possível propor melhorias quanto à utilização de estratégias passivas em galpões industriais. Estas contribuirão para promover maior conforto térmico dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- APL – ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE CALÇADOS DE JAÚ. **Plano de desenvolvimento do arranjo produtivo local: Arranjo produtivo local de calçados de Jaú – S.P.** .2007. Disponível em : <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1248288185.pdf > Acesso em: 30 de maio de 2011.
- ASSISTENCAL BY BRASIL. **Estudo de Mercado: polós calçadistas brasileiros.** 2007.
- DORNELLES, K.A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Unicamp: Campinas, S.P. 2008.
- SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS DE JAÚ.** Departamento físico. 2010.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.

AGRADECIMENTOS

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior e aos empresários das indústrias de calçados de Jaú.