

# **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E DO CONFORTO TÉRMICO CONFORME ABNT NBR 15575, 15220 E ISO 7730 EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DE LAURO DE FREITAS – BA**

**Bianca Brito Gomes**

SENAI CIMATEC – Email: [biagomes93@gmail.com](mailto:biagomes93@gmail.com)

**Orientadora Priscila Freitas**

SENAI CIMATEC – Email: [priscilav@fieb.org.br](mailto:priscilav@fieb.org.br)

**Resumo:** O objetivo desse trabalho é realizar uma avaliação comparativa dos aspectos qualitativos e quantitativos no que tange a eficiência térmica de uma unidade escolar do município de Lauro de Freitas. Para isso, foi aplicado um questionário para quantificar os parâmetros de conforto térmico pela ISO 7730 através da utilização do CBE Thermal Comfort Tool. Foram utilizados tanto variáveis ambientais quanto variáveis pessoais. Para a avaliação do desempenho térmico foi utilizado o método simplificado da ABNT NBR 15575 tendo como base os parâmetros da ABNT NBR 15220. Com os resultados obtidos foi possível propor estratégias para obtenção da eficiência térmica esperada.

**Palavras-Chaves:** avaliação; conforto térmico; desempenho térmico.

## **PERFORMANCE AND THERMAL COMFORT ASSESSMENT IN ACCORDANCE WITH ABNT NBR 15575, 15220 AND ISO 7730 IN A TEACHING INSTITUTION OF LAURO DE FREITAS - BA**

**Abstract:** The objective of this work is to carry out a comparative evaluation of the qualitative and quantitative aspects regarding the thermal efficiency of a school unit in the municipality of Lauro de Freitas. For this, a questionnaire was applied to quantify the parameters of thermal comfort by ISO 7730 through the use of CBE Thermal Comfort Tool. Both environmental variables and personal variables were used. In order to evaluate the thermal performance, the simplified method of ABNT NBR 15575 was used based on ABNT NBR 15220 parameters. With the results obtained it was possible to propose strategies to obtain the expected thermal efficiency.

**Keywords:** evaluation; thermal comfort; thermal performance.

## 1. INTRODUÇÃO

A educação é o pilar da sociedade. Para que o aprendizado seja garantido, é necessário que se tenha um ambiente agradável e com as mínimas condições de conforto térmico, acústico e lumínico para que o conteúdo proposto pelos professores seja absorvido pelos alunos.

Atingir um desempenho ambiental satisfatório envolve um correto planejamento arquitetônico, diante das diferentes condições climáticas que influenciarão nas condições térmicas (temperatura, vento e umidade), na qualidade acústica (proteção de ruídos intrusivos, inteligibilidade do professor pelos alunos e vice-versa) e, ainda, nas condições ideais de visão e iluminação, natural ou artificial, proteção contra poluição e qualidade interna do ar, estabilidade estrutural da edificação, salubridade e higiene, segurança e outros. (OCHOA et al., 2012)

MENDELL; HEATH apud Batiz et al., 2009, afirma que baseado em um levantamento bibliográfico realizado em 21 estudos científicos, em 2002, conclui-se que o ambiente térmico influencia o aprendizado. BATIZ et al., 2009, ainda afirma que o aumento da temperatura e a qualidade do ar reduzem a performance do aprendizado.

Para CORREIA et al., 2016, tornar o ambiente de trabalho mais agradável e harmonioso faz com que o homem possa ter um desempenho e uma satisfação maior em suas atividades. Isto significa que as atividades executadas em sala de aula será melhor absorvida pelos estudantes quando o ambiente em que os mesmos estejam inseridos propiciem o bem-estar esperado.

Com base no conforto dos usuários é esperado que se tenha uma iluminação adequada protegida contraluz muito forte, bem como uma acústica que possibilite o entendimento do que é falado e temperatura agradável com ventilação.

Para saber a satisfação do usuário quanto ao conforto térmico na instituição de ensino será utilizada a avaliação pós-ocupação (APO) que segundo PENHA (2007) é um eficiente sistema de apuração de aspectos subjetivos na análise de edificações, na medida em que busca conhecer as exigências de seus usuários e apura suas expectativas psico-comportamentais em relação ao espaço edificado, podendo ter como instrumento de aplicação entrevistas, questionários e/ou observação.

A instituição de ensino em estudo possui 16 salas de aula, com aproximadamente 48 m<sup>2</sup> cada uma, sendo constituída de sistema de vedação vertical ilustrada pela figura 01, 02 e 03 a seguir:

- a) Alvenaria de vedação convencional constituída por bloco cerâmico vazado de 09x14x19 cm;
- b) Revestimento em massa única com espessura de 3 cm internamente e externamente;
- c) Acabamento externo em pintura com tinta latéx acrílica na cor branca e interno em cerâmica branca de 20x20 cm a 1,5m (um metro e

meio) do piso e pintura com tinta latéx PVA do final da cerâmica ao pé direito.

- d) O elemento “parede” possui 04 (quatro) elementos de vedação vazados com grade de ferro para proteção paralelos (dois de cada lado), num pano de 2,00x1,40 metros.

Figura 01. Sistema de vedação vertical das salas de aula.

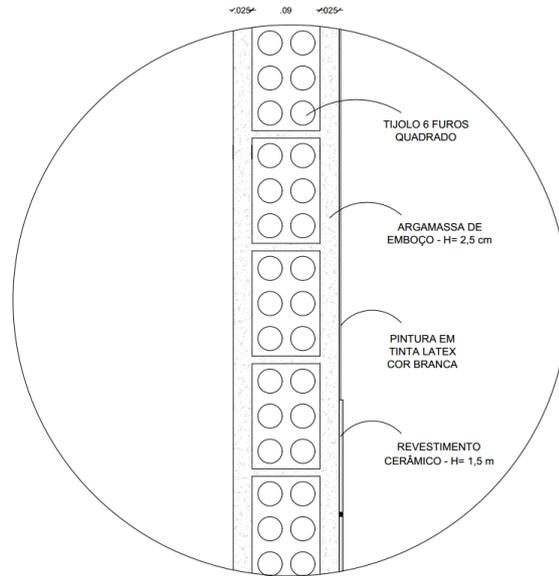
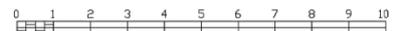
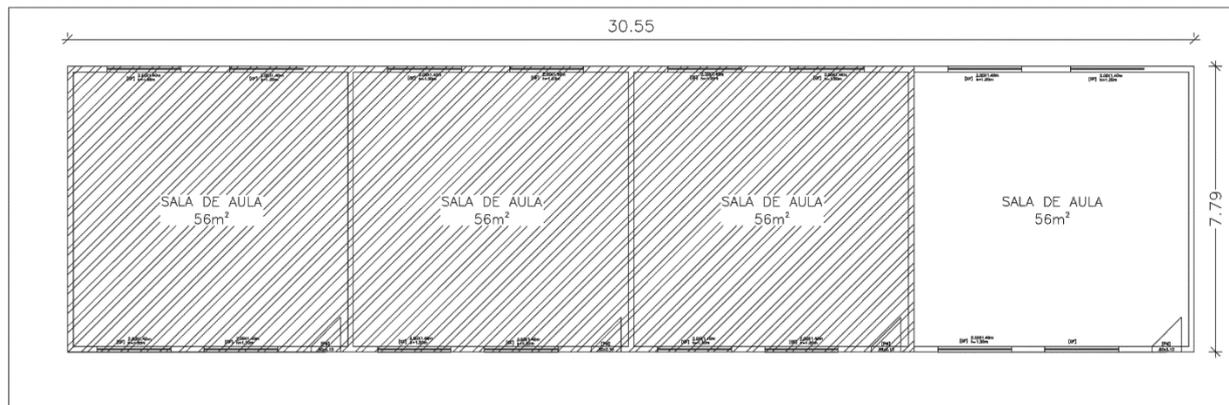
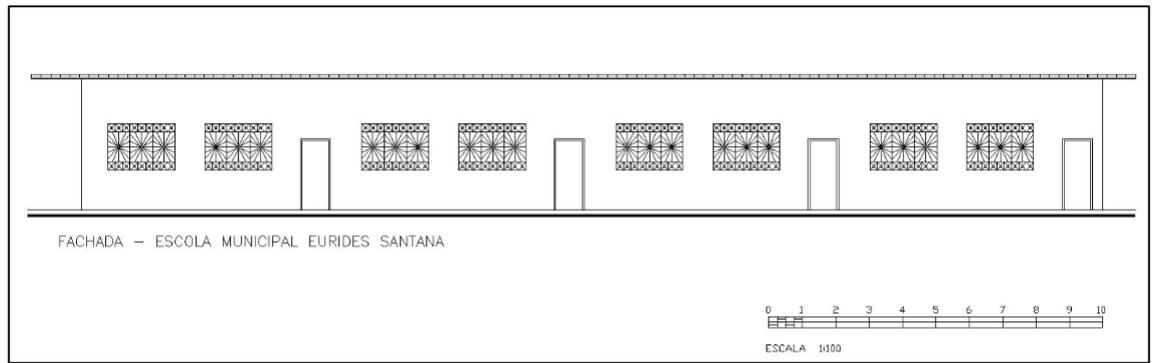


Figura 02. Planta baixa das salas de aula descritas acima, com destaque para que as foram aplicadas o questionário.



ESCALA 1:100

Figura 03. Fachada do pavilhão das salas de aula descritas acima.



A cobertura das salas é constituída em telhado com estrutura em madeira pontaletada com telhas cerâmica (de barro) com espessura de 1,0 cm.

A unidade escolar funciona nos três turnos (manhã, tarde e noite) com início das aulas as 07:30 horas e horário final do último turno as 21:20 horas. A escola tem um número total de 1794 estudantes, sendo 984 no turno matutino, 534 no turno vespertino e 276 alunos no noturno. A mesma possui turmas de ensino fundamental de 5ª a 8ª série e educação de jovens e adultos no método supletivo e está situada num bairro popular da cidade de Lauro de Freitas, bairro Itinga e é de fácil acesso.

De acordo com dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para região de Salvador, que engloba a cidade de Lauro de Freitas, a temperatura do ar no outono varia de 23°C a 31°C, sendo a média 27°C, a umidade relativa do ar varia entre 57% e 93%, tendo a média de 75%, a radiação solar varia de -4 KJm<sup>2</sup> a 3009 KJm<sup>2</sup>, média de 1502,5 KJm<sup>2</sup>, a velocidade do vento tem variação entre 1,00 m/s e 3,00 m/s, média de 1,5 m/s e direção do vento predominante é a direção sul.

## 2. Revisão literária

### 2.1. Conforto térmico

A NBR 15220 (2003) – Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades, define o conforto térmico como a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

Segundo Lamberts et. al. (2005), define-se conforto térmico como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente. Desta forma, o conforto térmico é necessário para o bem-estar do indivíduo no ambiente o qual está inserido.

BRANCO (2014) afirma que a percepção de satisfação depende dos mecanismos de termo regulação do corpo humano para manter o seu

equilíbrio, ou seja, o objetivo é manter a temperatura interna do corpo aproximadamente em 37°C. Todo calor produzido pelo corpo humano deve ser eliminado na mesma proporção, sem que precise ativar os mecanismos de trocas de calor.

LAMBERTS et. al. (2014) afirma que a importância do estudo do conforto térmico está baseada principalmente em 3 fatores:

a) A satisfação do ser humano ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável;

b) A produtividade do ser humano, muito embora os resultados de inúmeras investigações não sejam conclusivos a esse respeito, e a despeito dessa inconclusividade, os estudos mostram uma clara tendência de que o desconforto causado por calor ou frio reduz a produtividade. As atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico;

c) A conservação de energia, pois devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes condicionados artificialmente. Ao conhecer as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes em seus ambientes, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários.

## **2.2. A influência do desempenho térmico nas edificações**

A NBR 15575 (2013) – Desempenho de edificações habitacionais, define desempenho como o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, sendo assim o desempenho térmico pode ser definido pelo comportamento térmico de uma edificação em uso com base nas condições naturais de insolação, temperatura e ventilação, sem levar em consideração o condicionamento artificial do ambiente.

O trecho abaixo exprime o conceito de desempenho nas edificações:

O edifício é um produto que deve apresentar determinadas características que o capacitem a cumprir objetivos e funções para os quais foi projetado, quando submetido a determinadas condições de exposição e uso; assim, ele é considerado “bem comportado” quando atende aos requisitos para o qual foi projetado. Tal conceito se aplica de maneira ampla na Indústria da Construção, focando quase sempre o desempenho alvo requerido para os processos de negócio e o atendimento às necessidades dos usuários ao longo do ciclo de vida das construções. (BORGES, 2008, p. 26)

LIMA (2014) afirma que o desempenho térmico de edificações é função das características dos materiais que compõem seus elementos e repercute no conforto térmico dos usuários.

O desempenho térmico depende de diversas características do local da obra (topografia, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, etc.) e da edificação (materiais constituintes, número de pavimentos,

dimensões dos cômodos, pé-direito, orientações das fachadas, etc) CBIC, 2013.

Assim o desempenho térmico é o comportamento da edificação quando exposto as variáveis de temperatura do ar, radiação térmica, velocidade e umidade relativa do ar. Enquanto, o conforto térmico é a sensação térmica que o indivíduo tem quando está numa edificação.

### **2.3. Arquitetura e térmica**

Frota e Schiffer (2001) afirmam que nas regiões predominantemente quentes no Brasil, a arquitetura deve contribuir para minimizar a diferença entre as temperaturas externas e internas. Como se trata na região de Salvador, região banhada pelo mar, apresentando um clima quente e úmido, conforme dados do IBGE, as soluções arquitetônicas para as edificações dessa região devem estar adequadas a mesma.

Ainda segundo Frota e Schiffer (2001), devem-se, então, prever aberturas suficientemente grandes para permitir a ventilação nas horas do dia em que a temperatura externa está mais baixa que a interna. Do mesmo modo, devem-se proteger as aberturas da radiação solar direta, mas não fazer destas proteções obstáculos aos ventos.

Segundo a NBR 15220 (2003) Desempenho térmico das edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, o zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas quanto ao clima, e formulou-se para cada zona um conjunto de recomendações técnico construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações.

Para que a sensação de conforto térmico seja alcançada, faz-se necessário que o ambiente avaliado possua características que propiciem o mesmo. Desta forma, deve-se pensar no conforto antes que a edificação seja executada, propondo métodos construtivos que levem em consideração o que o meio ambiente externo oferece de agradável, considerando o clima, visando amenizar os pontos negativos.

Segundo Azevedo (1995), na maioria das vezes, as condições ambientais não são devidamente avaliadas e, conseqüentemente, não entram como prerrogativa do projeto escolar, resultando em prédios desvinculados das características físico-climáticas do sítio e da realidade onde se inserem.

Tendo em vista os requisitos da NBR 15220 – Parte 3, a cidade de Lauro de Freitas – BA pertence a zona bioclimática 8, sendo as diretrizes construtivas para aberturas para ventilação grandes e sombreadas, e as vedações externas de paredes e cobertura leve refletora. A norma afirma que devem ser utilizadas coberturas com telhas de barro sem forro, desde que as telhas não sejam pintadas e esmaltadas, sendo aceitas também coberturas que contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; desde que essas aberturas ocupem toda a extensão das fachadas respectivas.

### **2.4. Avaliação do conforto térmico pela ISO 7730**

A avaliação do conforto térmico de um ambiente pode ser determinada através do método desenvolvido pela norma internacional ISO 7730/2005 - Ergonomia do ambiente térmico - Determinação e interpretação analítica do conforto térmico utilizando o cálculo dos índices de PMV e PPD e critérios de conforto térmico local.

O PMV (Predicted Mean Vote - Voto Médio Previsto) é um índice de avaliação do conforto térmico, adotado pela ISO 7730, que leva em consideração a atividade física e vestuário, bem como a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a umidade do ar, variando entre -3 e +3. Segundo LAMBERTS (2011) as duas primeiras variáveis são chamadas “pessoais ou subjetivas”, por não dependerem do ambiente, enquanto as outras são denominadas de variáveis “ambientais”. Os índices de medida de atividade através do metabolismo e do vestuário medido através do índice de resistência térmica estão descritos nas tabelas 01 e 02, respectivamente, a seguir.

Tabela 01. Extrato dos dados utilizados para valores de taxa metabólica para diferentes atividades.

Atividade	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola etc.)	70
Atividade leve em pé (fazer compras, atividades laboratoriais, etc)	93

Tabela 02. Extrato dos dados utilizados para índice de resistência térmica para vestimentas.

Vestimenta	Índice de resistência térmica – I cl (clo)
Meias	0,02
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Camisa manga curta	0,15
Camisa fina mangas compridas	0,20
Camisa manga comprida	0,25
Jaqueta	0,35
Calça média	0,25
Botas	0,10
Sapatos	0,04

De acordo com a ISO 7730, o PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) é o índice percentual de insatisfação fornece informações sobre desconforto térmico ou insatisfação térmica, prevendo a porcentagem de pessoas que se

sentirão muito aquecidas ou muito frias em um determinado ambiente. O PPD pode ser obtido a partir do PMV.

A ISO 7730 determina que um ambiente termicamente aceitável ou confortável, é aquele cujo índice percentual de insatisfação é menor que 10% devendo o voto médio previsto estar entre -0,5 e +0,5.

## 2.5. Avaliação do desempenho térmico pela NBR 15220 e 15575

A NBR 15575 (2013) – Parte 1 – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos gerais, estabelece o procedimento simplificado normativo para avaliação da adequação de habitações, que verifica o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes de fachada e das coberturas, considerando a zona bioclimática em que a obra se localizar.

De acordo com CBIC (2013), a avaliação simplificada prevê para as paredes de fachada apenas o nível mínimo de atendimento, que é o obrigatório. Com base na NBR 15575 (2013) – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, os valores de referência de transmitância térmica para zona bioclimática 8, depende da absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. Se a absorvância for menor ou igual a 0,6 a transmitância deve ser menor ou igual a 3,7 W/m<sup>2</sup>.K, caso a absorvância seja maior do que 0,6 a transmitância deve ser menor ou igual a 2,5 W/m<sup>2</sup>.K. Para as paredes de fachada não existe exigências para a capacidade térmica da zona bioclimática 8 pela NBR 15575 – Parte 4.

Os critérios de desempenho para coberturas quanto a transmitância térmica são exigidos conforme tabela I.4 da NBR 15575 (2013) – Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas, apresentados na tabela 03 abaixo. O nível de desempenho térmico aceito é o M, nível mínimo.

Tabela 03. Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica. Fonte: Tabela I.4 – ABNT NBR 15575 – Parte 5, p. 50.

Transmitância térmica (U) W/m <sup>2</sup> .K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 <sup>1)</sup>		Nível de desempenho
U ≤ 2,3	α <sup>1)</sup> ≤ 0,6	α <sup>1)</sup> > 0,6	α <sup>1)</sup> ≤ 0,4	α <sup>1)</sup> > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	α <sup>1)</sup> ≤ 0,6	α <sup>1)</sup> > 0,6	α <sup>1)</sup> ≤ 0,4	α <sup>1)</sup> > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	α <sup>1)</sup> ≤ 0,6	α <sup>1)</sup> > 0,6	α <sup>1)</sup> ≤ 0,4	α <sup>1)</sup> > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	
<sup>1)</sup> Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro. NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220/2.					

A ABNT NBR 15220 (2003) – Parte 2 - Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar

de elementos e componentes de edificações, define os valores de absorvância para radiação solar para cada tipo de superfície, tanto para sistemas de vedação vertical externa quanto para os sistemas de cobertura, possibilitando posteriormente estabelecer o valor máximo de transmitância térmica para que desempenho mínimo seja alcançado.

A ABNT NBR 15220 (2003) – Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, estabelece os parâmetros constitutivos para as diferentes zonas bioclimáticas brasileiras e apresenta os valores de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para alguns tipos de paredes e coberturas, permitindo a verificação dos critérios de desempenho.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia será fundamentada no estudo de caso acerca da satisfação dos usuários no ambiente escolar no qual se encontram e na avaliação do desempenho térmico dos sistemas de vedações verticais internas e externas e dos sistemas de coberturas, os quais compõem as salas de aula dos estudantes avaliados, com base no método simplificado de avaliação descrito na NBR 15575 – Parte 1.

Para obtenção dos dados quantitativos quanto a satisfação dos usuários será aplicado um questionário para que as variáveis pessoais sejam definidas pelos mesmos. O questionário será aplicado em 03 (três) turmas, totalizando 81 alunos as quais as salas ficam mais expostas ao sol no período da tarde. Para obtenção do número de alunos relevantes para o estudo de caso, foi utilizada a NBR 5426 (1985) - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Como o questionário foi aplicado no período da tarde e o número total de alunos desse turno são 534, com base nas informações fornecidas pela instituição de ensino, sendo adotada o nível de inspeção 2 estabelecido pela norma, chegou-se ao código de amostra J, que prevê um número mínimo de 80 para o tamanho da amostra de forma a obter um resultado satisfatório.

Em seguida serão calculados o PMV e o PPD através do modelo computacional CBE Thermal Comfort Tool (CBE Ferramenta de conforto térmico) desenvolvido pela Universidade de Berkeley na Califórnia, onde são fornecidos os valores de temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar, umidade, taxa metabólica e nível da roupa.

Para avaliação do desempenho térmico serão avaliados os níveis de transmitância térmica e de capacidade térmica dos elementos que compõem a vedação vertical interna e externa e da cobertura das salas conforme NBR 15220 e NBR 15575.

Após a análise dos dados será feita uma comparação entre os resultados obtidos de desempenho térmico do sistema construtivo e do conforto térmico dos usuários, determinando a eficiência térmica da unidade educacional.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise qualitativa do conforto térmico conforme ISO 7730

A análise do conforto térmico foi realizada na tarde do dia 04 de maio de 2018, dia típico de outono, numa visita realizada a um Instituto de Educação Profissionalizante em Lauro de Freitas, foi aplicado um questionário em 03 (três) turmas, totalizando 81 questionários respondidos acerca da vestimenta dos alunos, da atividade a qual estavam desempenhando no momento, o sexo e a satisfação quanto ao ambiente o qual estavam no momento. As salas em estudo possuem 48 m<sup>2</sup>, não possuem ventilador nem aparelho de ar condicionado, Nesta tarde a temperatura do ar no horário de aplicação do questionário era de 29°C às 15 horas. A temperatura radiante foi considerada a mesma da temperatura do ar. A umidade do ambiente estava em 72%, segundo informações da plataforma *Clima Tempo* e a velocidade do ar que circulava era de 0,1 m/s.

Os fatores que influenciam diretamente o conforto térmico e podem variar de aluno para aluno é a vestimenta e a atividade que estavam executando no momento em que o questionário foi aplicado. 61,72% dos alunos pesquisados estavam vestidos com calça jeans (classificada como calça media), roupa íntima (os homens, cueca e as mulheres, calcinha e sutiã), camisa de manga curta, meias e sapatos. A norma ISO 7730 (2005) possibilita calcular o índice de resistência térmica da vestimenta.

Como o questionário foi aplicado na hora do intervalo entre as aulas, a resposta de cada estudante variou entre sentado, relaxado e atividade sedentária que são atividades realizadas em escritório, escola entre outros. Desta forma o metabolismo por atividade variou entre 58 W/m<sup>2</sup> (sentado relaxado) e 70 W/m<sup>2</sup> (atividade sedentária: escritório, escola, etc). O software CBE Thermal Comfort Tool calcula o PMV e PPD com base na taxa de metabolismo em met, sendo que 1 met equivale a 58,2 W/m<sup>2</sup>. Com posse dessas informações o software foi alimentado e chegou-se a diferentes resultados de PMV e PPD.

Com base na atividade desempenhada pela estudante, que foi assinalada no questionário como atividade sedentária e com a vestimenta descrita na tabela 02 e com os dados de temperatura do ambiente já mencionados, chegou-se aos resultados de PMV e PPD descritos no Quadro 01 a seguir.

Quadro 01. Valores de PMV e PPD de uma estudante participante do estudo de caso.

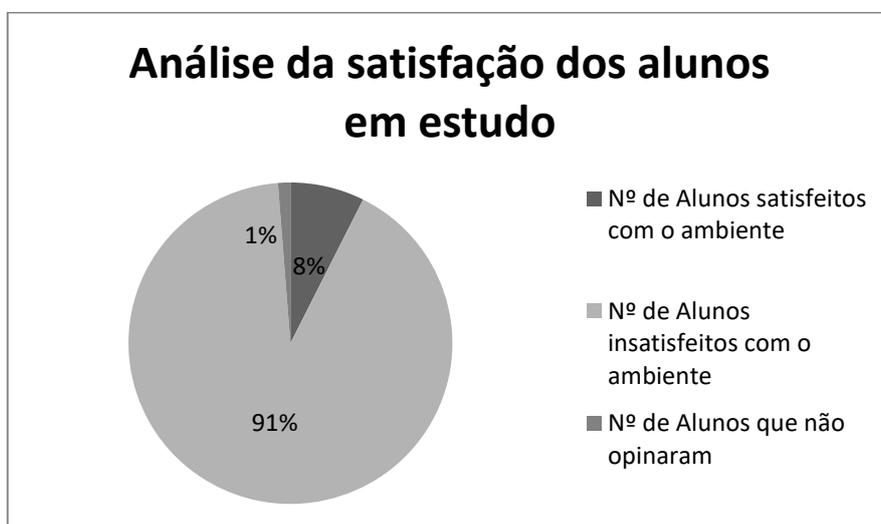
<b>Taxa metabólica (met)</b>	<b>Vestimenta (Clo)</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD</b>
1,2	0,49	1,48	50%

Fonte: Própria.

Baseando-se no resultado obtido através da aplicação dos valores obtidos nas salas de aula as quais os alunos foram submetidos ao questionário, constatou-se que todos os alunos estavam insatisfeitos e desconfortáveis com o ambiente de ensino. Para que houvesse a sensação de conforto térmico os valores de voto médio previsto deve estar entre -0,5 e +0,5 e percentual de satisfação teria que ser menor que 10%.

No questionário aplicado foi perguntado como o estudante se sentia em relação ao ambiente térmico, sendo as possíveis respostas satisfeito ou insatisfeito. Após análise das respostas verificou-se que apenas 8% dos alunos pesquisados se declararam satisfeitos com o ambiente educacional, 91% se declarou insatisfeito e 01 (um) dos alunos não opinou, conforme gráfico 01 abaixo.

Gráfico 01. Análise da satisfação dos alunos em estudo.



## 4.2 Análise quantitativa dos sistemas conforme NBR 15220 e 15575

### a) Fachada

Tabela 04. Valores de absorção extraído da tabela B.2 da ABNT NBR 15220 – Parte 2 e Transmitância térmica extraído da tabela D.3 da NBR 15220 – Parte 3 para o sistema de vedação externa e interna em estudo.

DESCRIÇÃO DA PAREDE	Absortância à radiação solar da superfície externa da parede	Transmitância térmica (U) W/m <sup>2</sup> K
Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão. Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14 cm Revestimento externo: tinta látex cor branca	0,2	2,48

De acordo com tabela 04 a cima, temos os valores de absorvância e transmitância térmica do sistema de vedação interna e externa que está sendo estudado. Como se trata de uma edificação na zona bioclimática 8, a Transmitância térmica deve ser menor ou igual a  $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , atendendo assim aos critérios de transmitância térmica.

Como a edificação em questão se encontra na zona bioclimática 8 não existem requisitos para atendimento a capacidade térmica, então o sistema de vedação vertical não precisa ser verificado para este parâmetro. Através dessa avaliação foi observado que esse sistema (SVVE) passa no critério de desempenho térmico, pelo método simplificado da ABNT NBR 15575.

## **b) Cobertura**

A cobertura da edificações em questão é composta por telhas de barro sem forro com espessura da telha de 1,0 cm, possuindo transmitância térmica de  $4,55 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , conforme tabela D.4 Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas da NBR 15220 – Parte 3. Conforme tabela I.4 Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica da NBR 15575 – Parte 5, na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro. Dessa forma, verificou-se que o sistema avaliado não passa no critério de desempenho térmico, pelo método simplificado da ABNT NBR 15575.

Desta forma com os resultados apresentados fica claro, que pelos métodos aplicados na análise de desempenho térmico em salas de aula da escola em estudo, verifica-se um desempenho inferior da edificação ao que se trata do aspecto térmico, o que de forma preliminar pode se afirmar que prejudica o aprendizado dos alunos. Para obtenção do resultado específico da contribuição calorífica da edificação, seria necessária realizar simulações computacionais, conforme NBR 15575, fica assim uma proposta para trabalhos futuros relacionados ao tema.

## **5. CONCLUSÃO**

Após a aplicação de questionário e posterior coleta de dados no software CBE Thermal Comfort Tool, numa instituição de ensino de Lauro de Freitas, foi observado que existe uma insatisfação dos alunos pesquisados acerca das salas de aula as quais estão inseridos quanto ao calor, ou seja, não há para eles a sensação térmica de conforto, que compromete diretamente a aprendizagem. O software permitiu avaliar o conforto térmico de uma amostra de 81 alunos da instituição, através do cálculo do Voto Médio Previsto, que perpassa pela previsão humana de conforto e o percentual de pessoas insatisfeitas com o clima do ambiente.

Com o estudo foi possível quantificar o PMV e o PPD, chegando aos valores de PMV entre 1,10 e 1,74 e de PPD entre 30% e 54%, estando esses índices classificados como insatisfatórios. Pode-se afirmar que mesmo com a edificação apresentando o desempenho térmico esperado, os usuários não se sentem confortável com a mesma, mostrando que as salas não possuem eficiência térmica.

Utilizando ainda como ferramenta de estudos, foi aplicado também o método simplificado da NBR 15575:2013, onde chegou-se à conclusão que a edificação em questão não cumpre os requisitos especificados em norma, pois mesmo apresentando êxito no que diz respeito aos elementos construtivos de fachada e vedações externas, não alcançou o resultado relacionado ao sistema de coberturas, sendo necessário realizar uma simulação computacional para uma análise mais completa.

Para que a direção dos ventos fosse aproveitada para propiciar eficiência térmica, deveriam ter sido realizados estudos sobre a direção dos ventos predominantes na região de forma que a ventilação cruzada funcionasse corretamente. Entretanto, verificou-se que esse estudo prévio não foi realizado durante as fases de concepção do projeto e implantação da edificação em questão. Podem ser incluídos nos editais de licitação de reforma e de construção de unidades escolares, do município, estudos preliminares quanto aos locais onde as novas edificações serão implantadas de forma a valorizar a ventilação existente.

Outra técnica construtiva que pode ser utilizada de forma a tornar o ambiente mais agradável termicamente é a execução de paredes verdes, que irão reduzir a temperatura da parede.

Outra forma de atender aos critérios exigidos pelo método simplificado da ABNT NBR 15575, pode ser a utilização de forro de madeira nas salas de aula ou de forro de laje mista mantendo a cobertura de telha de barro, assim melhora a transmitância térmica do sistema de cobertura.

Seguindo as alterações sugeridas tanto construtivas quanto automatizadas como a instalação de ventiladores ou condicionares de ar, será possível alcançar o conforto térmico de forma a proporcionar a sensação de conforto térmico para os usuários.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**. Rio de Janeiro, 1985.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220 - 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, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais** – Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas** – Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas** – Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen. **As escolas públicas do Rio de Janeiro: considerações sobre o conforto térmico das edificações**. Dissertação. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1995.

BATIZ, Eduardo Concepción et al. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória**, p. 477 - 488. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.prod.org.br/files/v19n3/v19n3a06.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

BORGES, Carlos A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação de mestrado. São Paulo, 2008.

BRANCO, Neila Lima. **Avaliação pós-ocupação e o conforto térmico nos espaços livres dos bairros do Cabula e Tancredo Neves Salvador/BA.** Dissertação. Salvador: UFBA, 2014.

CORREIA, Sara Virginia Ornilo et al. **Avaliação do conforto térmico em uma sala de aula.** XXXVI ENEGEP. João Pessoa, 2016.

FROTA, A. F.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 5. edição — São Paulo : Studio Nobel, 2001.

ISO 7730 (2005). 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. Genebra: International Organization for Standardization.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto e stress térmico.** Apostila. Florianópolis: UFSC – LABEEE, 2011. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%20202.pdf\\_2.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%20202.pdf_2.pdf)> Acesso em 09 abril 2018.

LAMBERTS, Roberto et al. **Desempenho térmico nas edificações.** Florianópolis: UFSC – LABEEE, 2005.

LAMBERTS, Roberto et al. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. edição. Editora Eletrobrás/Procel. Rio de Janeiro, 2014.

LIMA, Tomás Bastos. **ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS:** desenvolvimento de interface BIM para avaliações automatizadas segundo as normas ABNT NBR 15575 e ABNT NBR 15220. Curitiba: UFPR, 2014. Disponível em: <[http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/6/65/Tom%C3%A1s\\_Bastos\\_Lima.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/6/65/Tom%C3%A1s_Bastos_Lima.pdf)>. Acesso em 20 fev. 2018.

MARTINS, José Carlos et. al. **DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Brasília, 2013.

MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. **Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature.** Indoor Air, v. 15, p. 27-52, 2005.

OCHOA, Juliana Herlemann et. al. **Análise do conforto ambiental em salas de aula**: comparação entre dados técnicos e a percepção dos usuários. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n1/v12n1a07>>. Acesso em 02 jun. 2018.

PENHA, Luiz Márcio de Oliveira. **Avaliação Pós-ocupação de duas edificações de Bibliotecas de Instituição de Educação Superior**: Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) e Universidade Católica de Brasília (UCB). Dissertação. Brasília, 2007.