

## Avaliação do conforto ambiental em uma sala de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

### Evaluation of environmental comfort in a classroom of the Federal Technological University of Paraná

#### RESUMO

Teve-se como intuito no estudo a avaliação *in loco* do conforto ambiental de uma sala de aula que compõe a estrutura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão. A avaliação considerou parâmetros relacionados ao conforto acústico, lumínico e térmico, aspectos esses relacionados ao conforto ambiental. Por meio da avaliação foi possível comparar os dados obtidos com normas vigentes, obtendo a condição do ambiente no momento. Ao trabalhar de forma conjunta as interferências e intersecções ocasionadas pelos segmentos de conforto constituintes do conforto ambiental, promoveu uma melhor compreensão das necessidades do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto humano. Edifícios – Engenharia ambiental. Arquitetura e clima. Qualidade ambiental.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate *in loco* the environmental comfort of a classroom of a building that composes the structure of the Federal Technological University of Paraná, campus Campo Mourão. The evaluation considered parameters related to acoustic, luminous and thermal comfort, aspects related to environmental comfort. Through the evaluation it was possible to compare the data obtained with current norms, obtaining the environmental condition at the moment. By working together the interference and intersections caused by the comfort segments that constitute the environmental comfort, it promotes a better understanding of the needs of the environment.

**KEYWORDS:** Human comfort. Buildings - Environmental engineering. Architecture and climate. Environmental quality.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

O ambiente de ensino é composto de seu espaço físico e seus usuários; em meio a esse, o desempenho dos usuários está relacionado ao conforto ambiental que o ambiente promove (FEKRY; EL ZAFARANY; SHAMSELDIN, 2014).

Possibilitar um ambiente que proporcione condições favoráveis de conforto ambiental, pode contribuir de maneira benéfica com as atividades que os usuários realizam no espaço físico (GEMELLI, 2009).

Condições desfavoráveis de conforto no ambiente de ensino podem influenciar negativamente o desempenho dos usuários, afetando o rendimento e a qualidade do ensino, bem como causando distúrbios de saúde (ORNSTEIN; BRUNA; ROMÉRO, 1995; VISCHER, 2007; TANABE; HANEDA; NISHIHARA, 2015).

Dessa forma, desempenhar as variáveis desejáveis de conforto ambiental, são formas de fornecer condições para que o processo de formação do indivíduo seja considerado viável e consiga possibilitar que o meio de ensino seja acolhedor a seus usuários.

Apesar do estado de conforto ser uma característica intrínseca de cada usuário, é preciso estabelecer um meio que satisfaça às necessidades da maioria dos usuários, buscando uma relação harmônica entre ambiente e usuários, sendo essa alcançada por meio do conforto ambiental (CORBELLA e YANNAS, 2003).

Assim, buscou-se nesse estudo avaliar o conforto ambiental de uma sala de aula da Universidade Tecnológica do Paraná, campus Campo Mourão, baseando-se na interpretação de normas técnicas, a fim de atender exigências mínimas de conforto ambiental (conforto acústico, conforto lumínico e conforto térmico).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma sala de aula, denominada F110). O clima predominante no local é classificado como Cfa (subtropical úmido mesotérmico), com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida; temperaturas nos meses mais frios entre -3,0 e 18,0 °C e, nos meses mais quentes acima de 22,0 °C, chuvas variando entre 1.300 e 1.600 mm e umidade relativa do ar 75,0% (GERALDINO; CAXAMBU; SOUZA, 2010; ALVARES *et al.*, 2013).

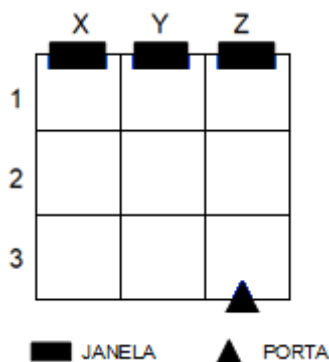
No que se refere ao conforto acústico, foram verificados ruídos emitidos pelos usuários e pelo ambiente, não sendo utilizadas fontes sonoras para simulação de ruído. Os níveis de pressão sonora proporcionados pelos ruídos foram mensurados por meio de um Decibelímetro da marca Instrutherm® e modelo DEC-490 em conjunto com o *software* Sound Level Meter® 3.1, sendo sua conformidade verificada de acordo com a NBR 10152/2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017). Além disso, foram analisados níveis estatísticos de excedência ( $L_{90}$  e  $L_{10}$ ).

Em relação ao conforto lumínico, avaliou-se a iluminância (natural e artificial) com base na NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). A medição do parâmetro foi realizada por meio de um Luxímetro da marca Digital Instrutemp® e modelo ITLD-260.

Os parâmetros mensurados na avaliação do conforto térmico foram: temperatura do ar (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU) e umidade relativa do ar (UR), sendo esses obtidos por meio de um Termômetro de Globo da marca Instrutemp® e modelo ITWTG-2000; e, velocidade do ar ( $V_A$ ), obtida com o uso de um Anemômetro da marca Instrutherm® e modelo AD-250. A análise desses dados, relacionados ao conforto térmico, foi realizada por meio do *software* Analysis BIO® 2.1.5. O *software* permite verificar estratégias a serem adotadas, em decorrência da zona que os dados inseridos se encontram, para alcançar a condição de conforto térmico.

As medições consideraram a divisão da sala em nove quadrantes (Figura 1), sendo que para os dados de conforto lumínico e térmico foram feitas aferições em todos os quadrantes, enquanto que para os de conforto acústico foram feitas nos quadrantes contendo os vértices da sala (X1, X3, Z1 e Z3). As medições foram realizadas com a sala vazia, sem a presença de usuários.

Figura 1 – Divisão interna realizada no ambiente de estudo na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Campo Mourão, para a aferição dos dados.



Fonte: Autoria própria (2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o conforto acústico, os níveis mensurados foram comparados com os valores presentes na NBR 10152/2017, sendo que para salas de aula está na faixa de 35 dB(A), com variação de 5 dB(A) para mais ou menos (Quadro 1).

Quadro 1 – Dados de nível de pressão sonora equivalente e índices estatísticos de excedência referentes ao ambiente de estudo.

Quadrante	$L_{eq}$ (dBA)	$L_{90}$ (dB(A))	$L_{10}$ (dB(A))
X1	38,45	38,2	38,7
X3	37,65	37,3	38,0
Z1	35,36	34,9	35,8
Z3	34,65	34,3	35,0

Fonte: Autoria própria (2019).

Os níveis de pressão sonora equivalentes mantiveram-se dentro do determinado pela norma, apresentando em Z3, no momento da medição, condição de ruído abaixo do esperado para o ambiente.

Já os níveis estatísticos de excedência demonstraram que tanto para ruídos intrínsecos ao ambiente ( $L_{90}$ ) e para os ruídos provenientes de eventos esporádicos ( $L_{10}$ ), esses se mantêm em características de conforto, visto que estão dentro do estipulado pela NBR 10152/2017.

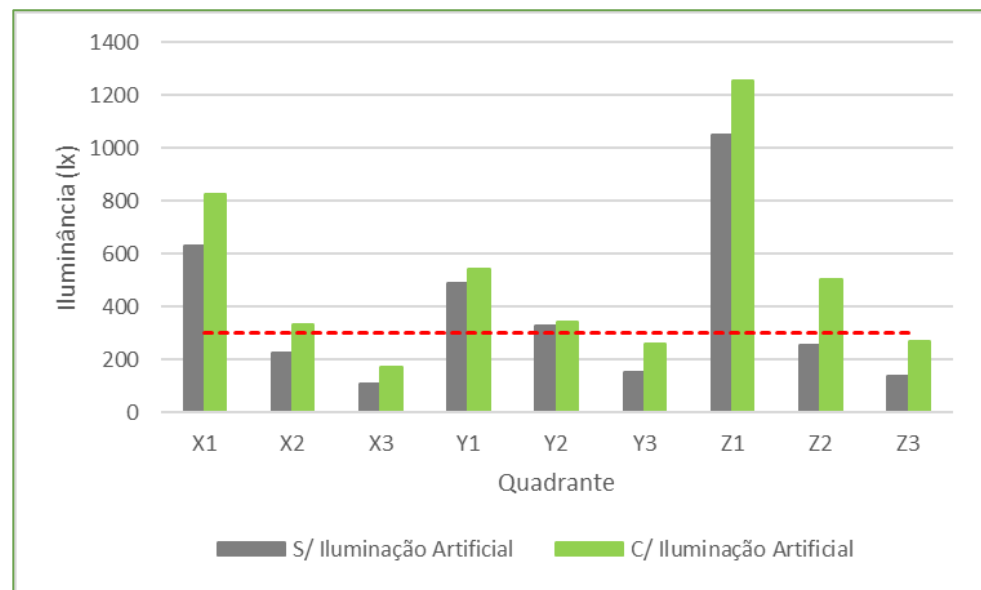
Os resultados obtidos se contrapõem com o observado por Zwirtes (2006) e Rabelo *et al.* (2014), em que ambientes escolares vazios possuíam níveis por volta de 60 dB(A).

Em relação ao conforto lumínico, segundo a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) uma sala de aula deve possuir 300 lx para que as atividades em uma sala de aula sejam desenvolvidas com condições de conforto, ou seja, com acuidade e sem prejuízos a visão.

Na presença da iluminação natural, a iluminância foi inferior ao valor estabelecido pela norma, sendo superior nos quadrantes X1, Y1, Y2 e Z1, onde havia incidência solar direta. Tal situação foi observada por Gemelli (2009), em que orientação dos ambientes e as suas aberturas, levavam a problemas referentes à insolação direta.

Com o uso da iluminação artificial, houve um ganho na iluminância do ambiente, ultrapassando o valor mínimo recomendado na maioria dos quadrantes (Figura 2).

Figura 2 – Comparação da iluminância no ambiente de estudo entre a iluminação natural e uso de iluminação artificial e valor estipulado pela NBR ISO/CIE 8995-1/2013.



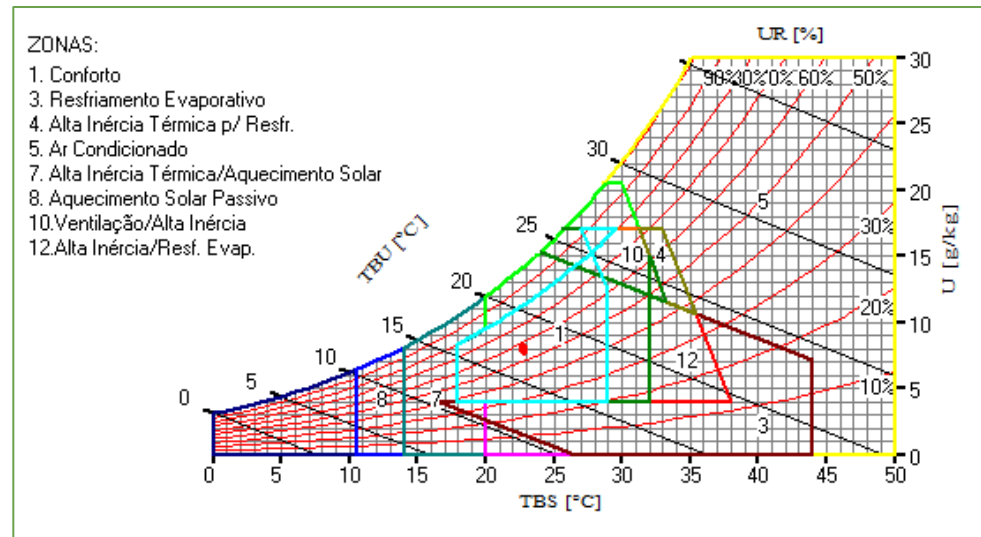
Fonte: Autoria própria (2019).

Contudo, os quadrantes X3, Y3 e Z3, os quais estão posicionados mais distante das janelas, apresentaram valores inferiores ao estabelecido mesmo com o uso da iluminação artificial, podendo gerar desconforto aos usuários do ambiente que estão inseridos nesses quadrantes.

No que se refere ao conforto térmico, os dados aferidos foram inseridos no *software* Analysis BIO® 2.1.5, resultando em uma carta psicrométrica (Figura 3). O *software*, por meio da carta psicrométrica, permite verificar estratégias a serem

adotadas, em decorrência da zona que os dados inseridos (pontos em vermelho) se encontram, para alcançar a condição de conforto térmico.

Figura 3 – Distribuição do conjunto de dados térmicos do ambiente de estudo pelas zonas da carta psicrométrica.



Fonte: Adaptado de Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2019).

Os pontos na carta psicrométrica, concentraram-se na zona de conforto. Assim, as características do ambiente em relação a composição dos parâmetros de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, se mostraram em condição de conforto térmico.

O desempenho térmico no ambiente pode ter sido alcançado à custa da penalização de seu desempenho lumínico como observado por Ochoa, Araújo e Sattler (2012), em que elementos arquitetônicos da edificação do ambiente de estudo foram responsáveis pela situação.

## CONCLUSÃO

O ambiente apresentou, no geral, condições de conforto ambiental, necessitando de manutenção nos elementos de iluminação que apresentaram valores inferiores aos recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Ao se trabalhar de forma conjunta o conforto ambiental, abrangendo os aspectos acústico, lumínico e térmico, interferências e intersecções entre os requisitos deles ocorrerão naturalmente, possibilitando uma melhor compreensão das necessidades do ambiente.

Assim, por meio do estudo, pode-se elaborar um histórico de dados para os problemas relacionados ao conforto ambiental, onde esse possibilite soluções viáveis e, conseqüentemente, evite intervenções pouco eficientes e desperdícios econômicos.

Por fim, salienta-se a importância da avaliação do conforto ambiental em novos ambientes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, a fim de realizar um diagnóstico mais completo na instituição.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152**: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003. 305 p.
- FEKRY, Ahmed Ahmed; EL ZAFARANY, Abbas Mohamed; SHAMSELDIN, Amal Kamal Mohamed. Develop an environmental assessment technique for human comfort requirements in buildings. **Housing and Building National Research Center Journal**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2014.
- GEMELLI, Carolina Silveira Barlem. **Avaliação de conforto térmico, acústico e lumínico de edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: o caso da Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Pacífico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- GERALDINO, Henrique Cesar Lopes; CAXAMBU, Marcelo Galeazzi; SOUZA, Débora Cristina de. Composição florística e estrutura da comunidade de epífitas vasculares em uma área de ecótono em Campo Mourão, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 24, n. 2, p. 469-482, 2010.
- OCHOA, Juliana Herlemann; ARAÚJO, Daniel Lima; SATTLER, Miguel Aloysio. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91-114, 2012.
- ORNSTEIN, Sheila Walbe; BRUNA, Gilda Collet; ROMÉRO, Marcelo de Andrade. **Ambiente construído e comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 212 p.
- RABELO, Alessandra Terra Vasconcelos; SANTOS, Juliana Nunes; OLIVEIRA, Rafaella Cristina; MAGALHAES, Max de Castro. Efeito das características acústicas de salas de aula na inteligibilidade de fala dos estudantes. **CoDAS** [online], v. 26, n. 5, p. 360-366, 2014.
- TANABE, Shin-ichi; HANEDA, Masaoki; NISHIHARA, Naoe. Workplace productivity and individual thermal satisfaction. **Building and Environment**, v. 91, p. 42-50, 2015.
- VISCHER, Jacqueline. The concept of environmental comfort in workplace performance. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 21-34, 2007.
- ZWIRTES, Daniele Petri Zanardo. **Avaliação do desempenho acústico de salas de aula: estudo de caso nas escolas estaduais do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.