

ICTA: CLASSIFICADOR FUZZY DO CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO EM AMBIENTE DE ENSINO

**Gustavo H. MELO¹; Raphael N. REZENDE²; Luana E. R. PAULA³; Marcelo MELO Jr³;
Ramon G. T. SILVA³; Geraldo G. OLIVEIRA Jr³**

RESUMO

O conforto de um ambiente está diretamente ligado a fatores como o calor e ruído, tornando-se assim requisitos básicos para o desenvolvimento de atividades que demandam concentração, raciocínio e atenção. Estes são fatores ligados diretamente à sensação e condição de bem-estar, segurança e satisfação do homem com as condições ambientais que o cerca. Os níveis de ruído e de calor em um determinado espaço e momento devem estar apropriados ao conforto e bem-estar plenos de seus usuários, tratando-se de ambientes escolares e acadêmicos, o ruído e o calor muitas vezes não são levantados de forma simultânea, ou quando mensurados, encontram-se acima de limites recomendados em Normas do Ministério do Trabalho e Emprego, da OMS, da ISO e da ABNT, podendo comprometer a concentração e aprendizagem de estudantes e colaboradores. Este trabalho teve como objetivo, desenvolver um Índice de Conforto Térmico e Acústico (ITCA) em ambientes de ensino por meio de modelo Fuzzy.

Palavras-chave: Ruído; Calor; Modelagem; Fuzzy.

1. INTRODUÇÃO

O conforto acústico e térmico em um ambiente é um dos requisitos básicos para o desenvolvimento de atividades que exigem concentração, solicitação intelectual, raciocínio e atenção, estando ligado diretamente à sensação e condição de bem-estar, segurança e satisfação do homem com as condições ambientais que o circunda.

Atualmente diferentes métodos e normas permitem a obtenção de parâmetros relacionados ao conforto, adotando-se variáveis como nível de pressão sonora, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Porém, no Brasil, isto ainda é pouco contemplado e o atendimento às condições previstas em normas técnicas e legais é incipiente.

Assim, escritórios, laboratórios, salas de controle e desenvolvimento, salas de aula e bibliotecas devem ser avaliados periodicamente conforme as normas para que a aprendizagem, leitura, escrita, análise, tomada de decisão, eficiência, qualidade produtiva e desempenho sejam satisfatórios. Os níveis de ruído e de calor devem estar apropriados ao conforto e bem-estar plenos e

¹ Bolsista PIBIC, IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. E-mail: gustavomb2008@hotmail.com

² Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. E-mail: raphael.rezende@muz.ifsuldeminas.edu.br

³ Colaboradores, IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. E-mail: luana.paula@deg.ufla.br; juninhomb2008@hotmail.com; ramon.silva@muz.ifsuldeminas.edu.br; geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br

seus usuários, além de que a preocupação com a avaliação destes agentes deve aumentar à medida que se tornam mais intensos, em função de fluxo de pessoas, conversas, mobiliário, equipamentos, proximidade de tráfego e unidades industriais, entre outros.

Tratando de ambientes escolares e acadêmicos, o ruído e o calor muitas vezes não são levantados de forma simultânea, ou quando mensurados, encontram-se acima dos limites recomendados, podendo perturbar e comprometer a concentração, produtividade, comunicação e aprendizagem e estando distantes de serem ideais no quesito conforto.

Uma alternativa para auxiliar na predição do conforto nestes ambientes é a utilização da lógica fuzzy. A modelagem fuzzy é capaz de tratar conceitos e convertê-los em um formato numérico, de fácil processamento computacional, baseando-se na construção de conjuntos e informações em função de termos linguísticos (KLIR; YUAN, 1995; SHAW; SIMÕES, 2007).

Neste contexto, a avaliação e classificação do ambiente de ensino do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho quanto ao conforto acústico e térmico, por meio de um índice utilizando modelagem fuzzy, torna-se uma ferramenta relevante, a fim de levantar as reais condições combinadas de calor e ruído, bem como identificar e subsidiar melhorias ao ambiente e sua organização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi realizado um levantamento das características dos espaços físicos destinados a estudo e ensino (sala de aula e biblioteca) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho. Três salas de aula do prédio pedagógico de maior concentração de alunos foram selecionadas aleatoriamente, além da biblioteca do Campus.

A avaliação do ruído captado foi embasada nas normas NR 17 (BRASIL, 2007), NBR10152/1992 e NBR10151/2003 referentes a níveis de ruído para conforto acústico de salas de aula e bibliotecas, e a NHO 01 da FUNDACENTRO (BRASIL, 2001) foi consultada quanto aos procedimentos técnicos, ajustes e método de avaliação, utilizou-se na captação de ruídos, um *Dosímetro Digital sem fio DOS-700* e um *Decibelímetro Digital Impac IP140*.

Para a avaliação do calor, utilizou-se a Norma ISO 7730/2005 (ISO, 2005) e a NR 17 (BRASIL, 2007), que define condições de temperatura efetiva para um ambiente ser considerado confortável, seguindo as recomendações da NHO 06 da FUNDACENTRO (BRASIL, 2002). Foi utilizado para a captação de valores de calor o *Medidor de Stress Térmico TGD-400*. Após a captação dos dados, foi obtido o Índice de Temperatura Efetiva (ITE) com auxílio de um ábaco de temperatura.

De posse dos dados, os níveis de pressão sonora médios por ambiente e o índice de

temperatura efetiva, foram confrontados com os requisitos mínimos previstos nas normas e o modelo fuzzy desenvolvido.

As regras foram criadas de acordo com as normas técnicas utilizadas, adotando para valores térmicos entre 20°C e 23°C, e para nível de ruído valores entre 35 e 45 dB(a), considerados como confortáveis nas normas técnicas.

As variáveis de entrada foram o nível médio de pressão sonora em decibéis e o índice de temperatura efetiva em °C e o sistema fuzzy estimou o Índice de conforto térmico e acústico - ICTA, adotando-se cinco faixas de classificação (1 a 5), de nenhum a alto desconforto.

A lógica fuzzy foi desenvolvida utilizando o *software* matemático *MATLAB 2015a*, empregando-se o método de inferência de Mamdani, e o processo de defuzzificação foi realizada utilizando o processo do centro de gravidade, seguindo as recomendações de Tanaka (1997), Sivanandam et al. (2007), Leite et al. (2010) e Abreu et al. (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 1, estão apresentados os resultados do índice em função do conforto térmico e acústico em ambientes de ensino do *IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho*, obtidos em função do ITE (°C) e o nível de pressão sonora (dB(a)). O Índice foi obtido de acordo com os requisitos mínimos previstos nas NBR10151/2003, NBR10152/1992, NR-17 e ISO 7730/2005 (ISO, 2005) para o conforto acústico e térmico. Estas normas técnicas consideram o ITE entre 20 °C e 23 °C e o Ruído entre 35 dB(a) e 45 dB(a), como sendo confortáveis para ambientes de ensino.

A partir da superfície do gráfico apresentado na figura 1, verifica-se a relação entre o ITE e o Nível de pressão sonora, obtendo-se o Índice de Conforto Térmico e Acústico (ICTA), obtido nos ambiente de ensino do IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho.

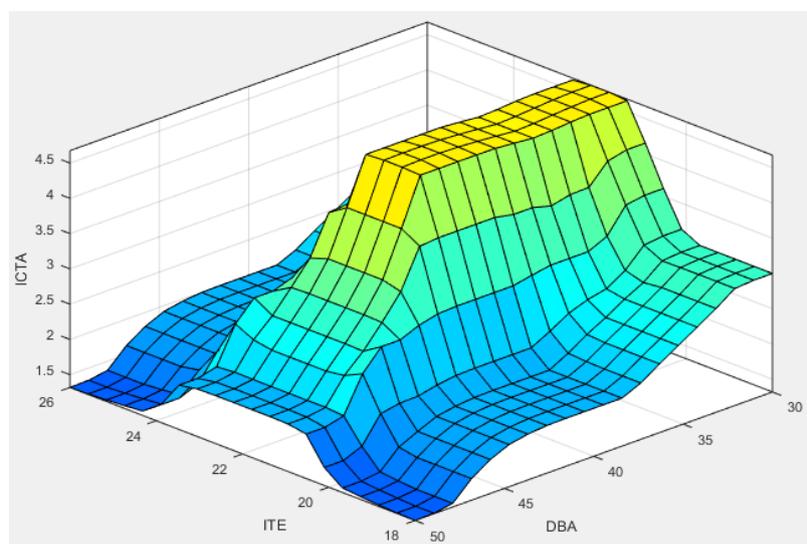


Figura 1 - Índice de Conforto Térmico e Acústico em função do ITE (°C) e Nível de ruído (dB(a))

4. CONCLUSÕES

Foi desenvolvido o Índice de Conforto Térmico e Acústico (ICTA) para ambiente de ensino do IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho.

De acordo com o índice obtido, os ambientes classificados estão em conformidade com as normas técnicas, sendo considerados confortáveis na maior parte do tempo, estando dentro das especificações das normas técnicas.

Desta forma, pode se concluir que será de grande auxílio para a determinação do conforto em ambientes de ensino, mostrando-se como uma ferramenta de grande importância para a determinação do conforto no ambiente.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. H. P. et al. **Índice de conforto de trabalhadores em granjas avícolas**. In: 7a Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS. 2015, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: 7, 2015, p. 1-5.

ANDRADE, J. M. F. M. **Caracterização do conforto acústico em escolas**. 2009. 78 p. Relatório Técnico (Mestrado). Universidade do Porto, Porto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: **acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2003, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: **níveis de ruído para conforto acústico: procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992, 4p.

BRASIL. **Norma de Higiene Ocupacional NHO 01: avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo, FUNDACENTRO, 2001. 40 p.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 7730: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Geneva, 2005, 52 p.

KLIR, G. J.; YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy logic**. New Jersey: Prentice Hall, 1995, 574p.

SIVANANDAM, S. N. et al. **Introduction to fuzzy logic using MATLAB**. Berlin: Springer, 2007, 430 p.

TANAKA, K. **An introduction to fuzzy logic for practical applications**. Tokyo: Springer, 1997, 138 p.