

## **O ambiente térmico de uma sala de aula influencia os resultados de avaliação de um estudante**

Mário Talaia<sup>1</sup> e Marta Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Aveiro, Centro de Investigação "Didática e Tecnologia na Formação de Formadores", Departamento de Física, Campus Universitário de Santiago, Aveiro, Portugal, <sup>2</sup>Universidade de Aveiro, Departamento de Educação, Campus Universitário de Santiago, Aveiro, Portugal. E-mails: <sup>1</sup>mart@ua.pt, <sup>2</sup>martaacsilva@hotmail.com.

**Resumo:** Este artigo mostra que é possível conhecer a performance térmica de uma sala de aula. A principal finalidade deste trabalho é contribuir para uma aprendizagem ativa num ambiente térmico confortável, mostrando-se que os resultados da avaliação são influenciados pelas condições termohigrométricas da sala de aula. Verifica-se que quando o ambiente térmico de uma sala de aula não se situa na zona de conforto térmico, a análise de dados mostra que há uma diminuição do resultado de avaliação de cerca de 3,9 % por cada °C referente à soma da temperatura do ar com a temperatura do termómetro húmido.

**Palavras-chave:** aprendizagem ativa, ambiente térmico, sensação térmica, educação em ciências.

**Title:** The thermal environment in the classroom influences the results of evaluation of a student.

**Abstract:** This paper shows that it is possible to know the thermal performance of a classroom. The main goal of this paper is to contribute to an active learning in a comfortable thermal environment, which shows that the evaluation results are influenced by termohygrometric conditions of the classroom. When the thermal environment in the classroom is not located in the thermal comfort zone, the data analysis showed that the value of the decrease in the evaluation result will be about 3,9 % per °C (sum of air temperature with wet-bulb temperature).

**Keywords:** active learning, thermal environment, thermal sensation, science education.

### **Introdução**

A literatura da especialidade tem posto em evidência uma diminuição do interesse dos estudantes para a aprendizagem, pelo que os professores devem motivar os estudantes a aprender e esta situação é um enorme desafio. No entanto, os resultados obtidos parecem ser moderados (Rocard *et al.*, 2007). Há alguma controvérsia nas metodologias e nos objetivos específicos a serem desenvolvidos em cada nível de ensino, pois os resultados obtidos nem sempre são concordantes, dado dependerem de inúmeras variáveis. Por exemplo, Casale-Giannola e Green (2012) mostraram que os estudantes aprendem de forma mais eficaz quando estão envolvidos numa aprendizagem ativa. Contudo,

os autores não valorizam como sendo alicerce no ensino e aprendizagem o ambiente térmico da sala de aula. Também Zepke e Leach (2010) apresentam propostas de ação para promover a motivação dos estudantes, mas não valorizam o ambiente térmico de uma sala de aula como fator condicionante na avaliação dos estudantes.

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), os problemas energéticos fazem parte do cotidiano do ser humano. Santos (2008) defende que é importante centralizar o Ensino das Ciências e Tecnologias no caminho para a sustentabilidade, pois é essencial que a Educação em Ciências, nos diferentes níveis de ensino e contextos disciplinares, contribua para disseminar problemas relacionados com a sustentabilidade do desenvolvimento, especialmente junto das gerações mais novas.

Nos currículos de ciências destacam-se ideias associadas à problemática da energia, que indiciam formas dominantes de pensamento e que são, muitas vezes, usadas indiscriminadamente (Souza e Justi, 2011).

Pedrosa e Loureiro (2008) alertam que as orientações curriculares deviam sugerir a abordagem de problemas energéticos, contudo não apresentam propostas. Estas autoras referem que ainda não se identificaram propostas ou incentivos para se abordar esta problemática numa dinâmica de sustentabilidade ecológica e de educação. Nesse sentido questionam como fazê-lo.

Tilbury (2011) recomenda que partir de questões problema relacionadas com sustentabilidade se promova ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas) para os estudantes desenvolverem literacia em sustentabilidade, perspetivando soluções e ações alternativas, planeando-as, implementando-as, refletindo sobre elas e avaliando-as.

O Conselho Científico da IEA (International Ergonomics Association) aprovou, em 2000, por unanimidade a definição internacional de Ergonomia. A Ergonomia foi considerada uma disciplina científica relacionada com a compreensão das interações entre seres humanos e elementos de um sistema. Neste contexto, surgiu a necessidade de avaliar o efeito do "clima" no local de trabalho ou de estudo (Krüger *et al.*, 2001). As primeiras investigações que se debruçaram no estudo desta relação surgiram no século XIX e tinham como finalidade incrementar índices de produtividade (Markov, 2002).

Atualmente, quando se fala do desenvolvimento cognitivo e dos processos de ensino e aprendizagem devem-se considerar aspetos importantes relacionados com a motivação, os estímulos do meio (ambiente envolvente da pessoa), as relações sociais e a educação recebida, entre outros (Coll, Palacios e Marchesi, 1995).

Santos, Coutinho e Araújo (2002) referem que um ambiente térmico de ensino se deva adequar ao conforto térmico dos estudantes, para que estes possam manter um certo equilíbrio, quer físico quer psíquico, sem necessidade de esforço de adaptação.

A norma ISO 7730 (2005) define o conforto térmico como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa. A sensação térmica pode variar de pessoa para pessoa e depende, também, do metabolismo.

É sabido que a preocupação com o desempenho térmico nas escolas públicas tem tido pouca importância. As condições térmicas de uma sala de aula podem

interferir na motivação e concentração dos estudantes. Nesta situação é necessário que numa arquitetura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente agradável e que favoreça o ensino e aprendizagem (Nogueira e Nogueira, 2003).

Um dos autores deste trabalho tem larga experiência na avaliação de ambientes térmicos e tem, algumas vezes, solicitado, na Universidade, salas de aula capazes de oferecerem um ambiente térmico confortável aos estudantes. Aliás, muitas vezes, são os próprios estudantes a solicitá-lo, o que demonstra a sua grande sensibilidade para esta temática.

A literatura da especialidade mostra que as condições mais preocupantes, e que importam estudar, ocorrem em ambientes térmicos considerados quentes ou frios (Dias, 2013). Quando a temperatura interior de um local regista valores acima da zona de conforto térmico podem ser criadas condições térmicas que indiciam problemas, de natureza subjetiva e de natureza fisiológica, até ser atingido o limite físico de tolerância ou segurança da pessoa. Podem ser registados problemas de natureza psicológica (incómodo, mal-estar), psicofisiológica (aumento da sobrecarga do coração) e patológica (agravamento de doenças). Nos casos em que o corpo da pessoa arrefece (particularmente mãos, pés e face) podem ocorrer algumas lesões, dependendo da natureza do "frio" e do tempo de exposição (Miguel, 2010).

Frota e Schiffer (1995) mostraram como um ambiente térmico desconfortável influencia a prestação produtiva e intelectual de uma pessoa e afirmaram que o conforto ou desconforto térmico influencia o processo de ensino de professores e aprendizagem de estudantes.

Wyon (2010) relacionou o conforto térmico com o ensino e aprendizagem e apresentou dados registados em sala de aula de duas escolas na Dinamarca, envolvendo cerca de 300 estudantes. Os resultados mostraram que se regista, em média, uma diminuição dos resultados de avaliação dos estudantes de 3,5 % por cada °C de aumento de temperatura interior da sala de aula.

Rebelo, Santos, Batista e Diogo (2008) mostraram que o ambiente térmico em salas de aula é um dos fatores que condiciona o processo de aprendizagem em qualquer dos níveis de ensino. Estes autores mostraram a forte influência da radiação solar ao longo do dia nas condições de conforto térmico no interior das salas de aula.

Nós partilhamos da convicção de que o ambiente térmico influencia a aprendizagem de estudantes quando os parâmetros termohigrométricos de uma sala de aula são valorizados.

É com base nesta problemática que surge este estudo exploratório cuja principal finalidade é poder contribuir para se conhecer as condições térmicas de uma sala de aula e definir que características termohigrométricas o ambiente térmico deve ter para a aprendizagem. Também é valorizado, como elemento inovador, o valor da diminuição do resultado de avaliação quando o ambiente térmico de uma sala de aula não se situa na zona de conforto térmico em que este é determinado pelo registo da temperatura do ar e da temperatura do termómetro húmido.

## **Materiais e métodos**

Aplicou-se uma metodologia de cariz quantitativo, centrada na análise de variáveis, obtidas através do registo de dados termohigrométricos e de uma escala de sensação térmica de cores e, ainda, uma metodologia de cariz qualitativo dos registos efetuados através de questões problema aplicadas, sem aviso prévio, nos últimos 15min da aula.

A amostra é constituída por 41 estudantes e o estudo foi realizado durante o Inverno (ambiente térmico frio) e a Primavera (ambiente térmico quente).

Houve a preocupação de fazer um estudo preliminar acerca da evolução das avaliações dos estudantes de forma a ter uma opinião de "avaliação padrão" na aprendizagem, como comparação de resultados obtidos.

Foram estudadas as condições de conforto térmico de uma sala de aula e como afetam o processo de aprendizagem. Para o efeito, foram registados valores termohigrométricos (usaram-se instrumentos simples denominados de psicrómetros, constituídos por um termómetro de bolbo seco para avaliar a temperatura do ar e um termómetro de bolbo húmido para avaliar a temperatura do termómetro húmido, construídos por um grupo de estudantes), no interior da sala de aula, nos dias em que os estudantes respondiam, nos últimos 15min da aula, a uma questão problema tratada durante a aula e sem aviso prévio. Foi também usada uma escala térmica de cores onde cada estudante marcava com uma (X) a sua sensação térmica, como se mostra na Figura 1.

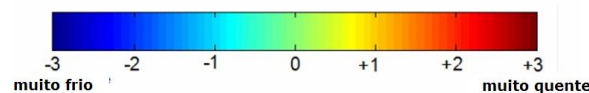


Figura 1. Escala térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008)

Os dados registados foram tratados no programa SPSS.

Para avaliar a sensação térmica prevista na sala de aula foi usado o índice térmico EsConTer, desenvolvido por Talaia & Simões (2009) e já reconhecido pela comunidade científica internacional (Morgado, Talaia e Teixeira, 2015), cujo valor é calculado por

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e  $T_w$  a temperatura do termómetro húmido (°C).

O EsConTer determina um valor da escala sétima de sensação térmica, é de fácil cálculo matemático e de fácil interpretação. O valor de EsConTer situa-se na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente).

## **Resultados e discussão**

O ser humano é um ser vivente racional de sangue quente que, para sobreviver, necessita de manter a temperatura interna do corpo em cerca de  $(37,0 \pm 0,8)$  °C. Neste contexto, o ser humano obriga-se a procurar constantemente o seu equilíbrio térmico com o meio envolvente. Quando existe a sensação psicológica desse equilíbrio, pode-se falar de conforto térmico.

Assim, para se avaliar como as condições de conforto térmico de uma sala de aula influenciam os resultados obtidos pelos estudantes, através das avaliações, analisaram-se as sensações térmicas registadas pelos estudantes e previstas na sala de aula durante a realização de questões problema.

*Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado "frio" (Inverno)*

Na figura 2, no seu lado esquerdo, são mostrados resultados de avaliação de alguns estudantes em função das sensações térmicas indicadas e previstas no momento das avaliações. Neste gráfico, o grupo de estudantes indicado é designado por  $A_i$ , com  $i$  a identificar o estudante. Na ordenada, lado esquerdo do gráfico, é indicada a avaliação, Avaliação <sub>$j$</sub> , com  $j$  a indicar a sequência da avaliação realizada e representada por colunas para cada estudante. Na ordenada, lado direito do gráfico, é indicada a sensação térmica real do estudante, registada no momento da realização da questão problema numa escala térmica de cor, e representada pela linha quebrada. A linha horizontal indica, de acordo com a temperatura do ar e temperatura do termómetro húmido registadas no interior da sala de aula e no momento da Avaliação <sub>$j$</sub> , a sensação térmica prevista quando se usa o índice de sensação térmica EsConTer.

Na figura 2, no seu lado direito, é mostrado, como exemplo, as avaliações de um estudante em função das sensações térmicas. A observação do gráfico mostra que o resultado obtido pelo estudante são condicionados pela sensação térmica. Na prática, os resultados mostram que são positivos quando a sensação térmica se localiza na zona de conforto térmico.

A observação dos gráficos da figura 2 mostra que os estudantes têm diferentes sensações térmicas, como seria esperado. Os valores da sensação térmica registados pelos estudantes estão em concordância com a sensação térmica prevista quando se usa o índice de sensação térmica EsConTer. A roupa dos estudantes é um fator a considerar através do isolamento do vestuário usado.

Pode-se concluir que, quando os valores da sensação térmica registados pelos estudantes se situa na gama de conforto térmico  $[-0,5;+0,5]$ , os resultados obtidos pelas avaliações das questões problema são positivos, se a sensação térmica registar valores inferiores a  $-0,5$  os resultados da avaliação têm uma tendência negativa, ou seja, inferiores a 50 %. Nestas circunstâncias a sensação térmica do ambiente influencia o resultado obtido pela avaliação e pela construção do conhecimento do estudante.

A figura 3, no seu lado esquerdo, mostra como as avaliações dos estudantes, com os respetivos desvios absolutos, variaram ao longo do estudo. Na imagem é indicada a avaliação prévia antes de ser aplicada a estratégia para se conhecer a influência do ambiente térmico na aprendizagem. No lado direito da figura, mostram-se as sensações térmicas, prévia e prevista, com as respetivas incertezas.

A observação da figura 3 mostra, de forma inequívoca, como seria esperado, que a avaliação prévia apresenta um desvio absoluto em relação ao valor médio, muito inferior ao que se registou durante a realização do estudo. A sensação térmica registada pelos estudantes em face da sensação térmica prevista indicia que o índice EsConTer é um excelente preditor da sensação térmica registada pelos estudantes.

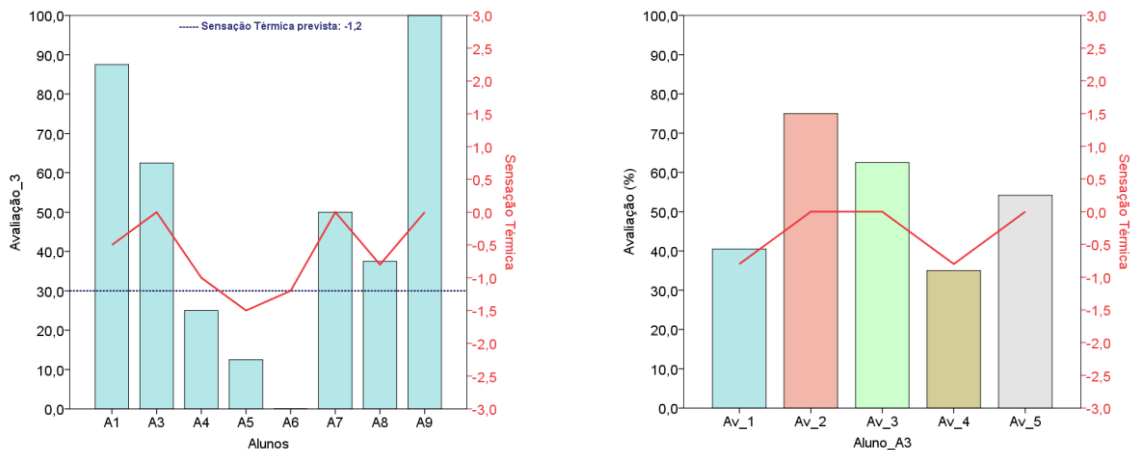


Figura 2. Sensação térmica versus avaliação, Inverno

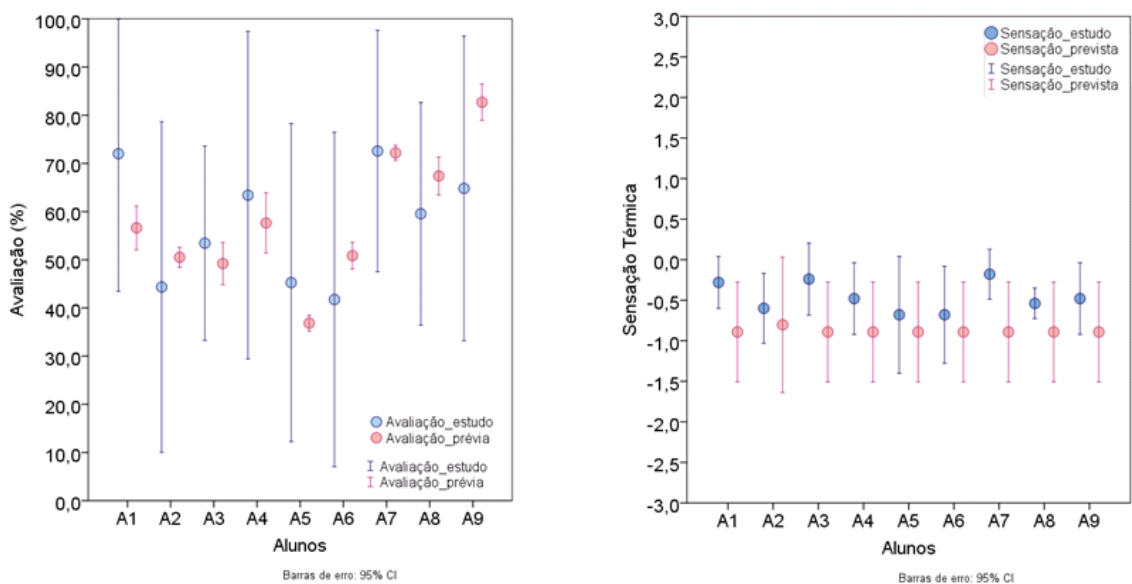


Figura 3. Avaliação e sensação térmica, Inverno

*Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado "quente" (Primavera)*

A figura 4, no seu lado esquerdo, mostra resultados de avaliação de alguns estudantes em função das sensações térmicas indicadas e previstas no momento das avaliações.

Na figura 4, no seu lado direito, são mostradas as avaliações registadas por um estudante em função das sensações térmicas. A observação do gráfico mostra que o resultado obtido pelo estudante é condicionado pela sensação térmica registada. Na prática, os resultados são positivos quando a sensação térmica se localiza na zona de conforto térmico.

A observação dos gráficos da Figura 4 mostra que os estudantes registam diferentes sensações térmicas, como seria esperado. O tipo de vestuário tem influência na sensação térmica. Os valores da sensação térmica registados pelos estudantes estão em concordância com a sensação térmica prevista quando se usa o índice de sensação térmica EsConTer.

Os resultados da avaliação das questões problema mostram, ainda, que quando a sensação térmica registada é superior a +0,5, os resultados dos estudantes tendem a decrescer, no geral, são inferiores a 50 %.

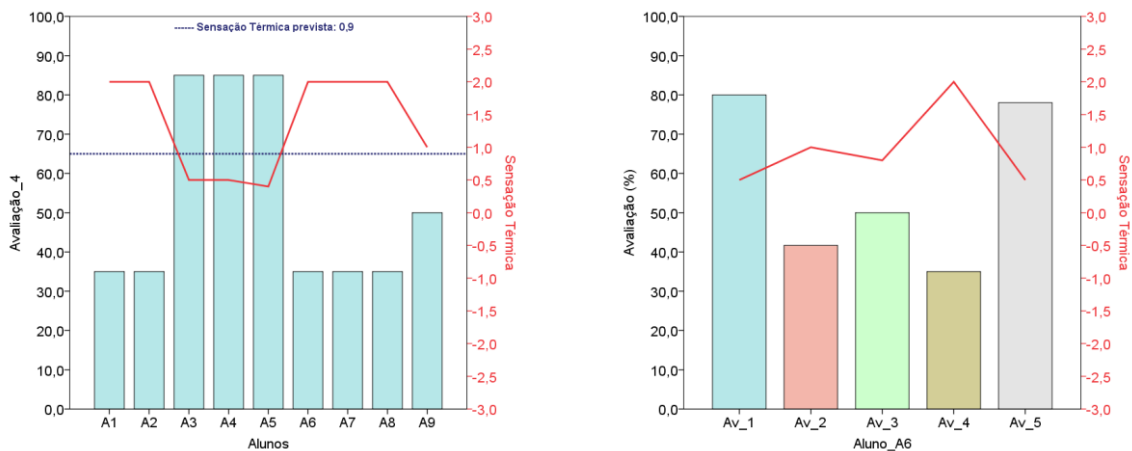


Figura 4. Sensação térmica versus avaliação, Primavera

A figura 5, no seu lado esquerdo, mostra, para alguns estudantes, como as avaliações com os respetivos desvios absolutos variaram ao longo do estudo. No lado direito da figura, mostram-se as sensações térmicas, prévia e prevista, com os respetivos desvios. A observação da figura 5 mostra, de forma inequívoca, que a avaliação é influenciada pela sensação térmica registada pelos estudantes e que indicia que o índice EsConTer prevê com êxito a sensação térmica registada pelos estudantes.

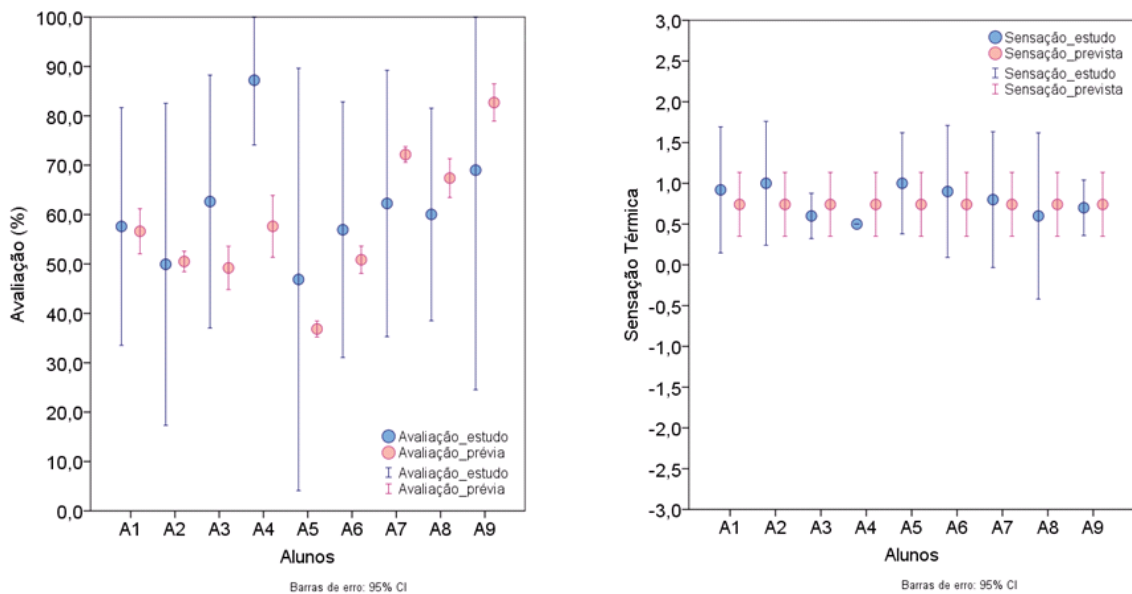


Figura 5. Avaliação e sensação térmica, Primavera

Com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível deduzir um valor que determina o decréscimo da avaliação de estudantes quando se considera a correlação entre a avaliação da questão problema com a soma da temperatura que é dada pela soma da temperatura do ar com a temperatura do termómetro húmido ou seja ( $T + T_w$ ).

A figura 6 mostra círculos a cor cinza que representam os dados obtidos neste estudo. A reta a negro, traçada a partir da aplicação do método dos DMQ (desvios mínimos quadráticos) e para o conjunto de dados registados, permite conhecer o declive da reta de ajuste que apresenta um coeficiente de correlação de Pearson de 0,721.

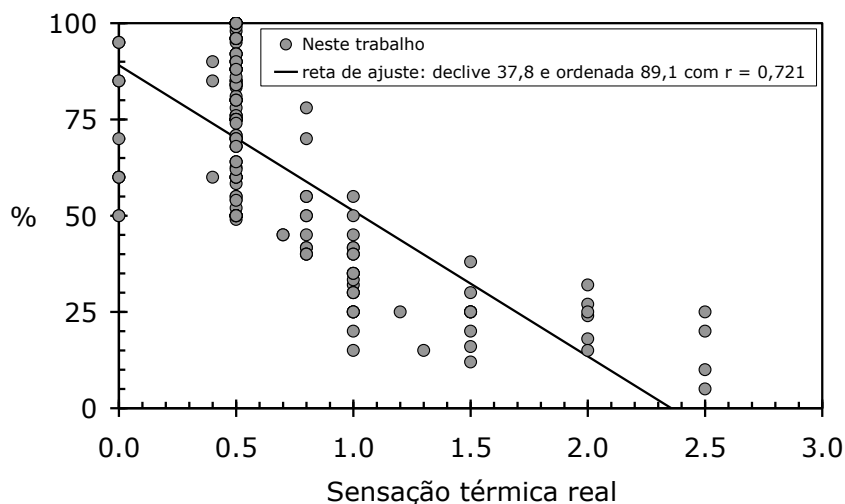


Figura 6. Avaliação *versus* sensação térmica real

Os resultados obtidos indicam que é possível prever a diminuição de resultados de avaliação dos estudantes em sala de aula, quando se usa a relação  $[AV/(T + T_w)]$ , ou seja de cerca de 3,9 % por cada °C de variação de  $(T + T_w)$ , em que AV representa a avaliação obtida pelo estudante.

O resultado encontrado está em concordância com o de Wyon (2010). Este autor relacionou o conforto térmico com o ensino e aprendizagem de estudantes e apresentou dados registados em sala de aula de duas escolas na Dinamarca. Chegou à conclusão que se regista uma diminuição dos resultados de avaliação de 3,5 % por cada °C de aumento da temperatura interior da sala de aula. Os autores deste trabalho consideram redutora esta afirmação por só ter sido valorizada a temperatura do ar do interior da sala de aula. Na realidade a sala de aula, como ambiente térmico, depende não só da temperatura do ar mas também da humidade relativa do ar com base na temperatura do termómetro húmido, como mostrou Talaia e Simões (2009).

## Conclusões

Este estudo mostrou que é possível conhecer as sensações de conforto e desconforto de estudantes em sala de aula e a forma como aquelas condicionam a aprendizagem.

A análise dos resultados mostrou, inequivocamente, que o método usado neste estudo é uma ferramenta importante para avaliar como situações de desconforto térmico podem condicionar o processo de aprendizagem, quer em ambiente térmico considerado frio ou quente.

Concluiu-se, que o processo de aprendizagem é afetado pelas condições termohigrométricas do ambiente que rodeia os estudantes. É importante salientar que a análise de resultados mostrou que quando os valores da sensação



térmica registada pelos estudantes é inferior a -0,5, ou superior a +0,5 da escala sétima de cores, os resultados obtidos da avaliação de conhecimentos tendem a ser negativos, ou seja, inferiores a 50 %.

O método usado permite prever a diminuição de resultados de avaliação dos estudantes em sala de aula em 3,9 % por cada °C de aumento da soma da temperatura do ar com a temperatura do termómetro húmido.

Na problemática atual de alterações climáticas, em que o aquecimento global é aceite, estudos desta natureza são importantes de modo a ser avaliado o conforto térmico como uma implicação no processo de ensino e de aprendizagem.

Espera-se, assim, que este estudo possa contribuir para serem tomadas medidas de estratégia para a melhoria de ambientes térmicos de salas de aula, por se ter demonstrado, inequivocamente, que os resultados de estudantes são influenciados pelo ambiente térmico da sala de aula onde ocorre o processo ensino e aprendizagem.

### **Referências**

Casale-Giannola, D. e Green, L. S. (2012). *Active Learning Strategies for the Inclusive Classroom, Grades 6-12*. Thousand Oaks, California: Corwin.

Coll, C., Palacios, J. e Marchesi, A. (1995). *Desenvolvimento Psicológico e Educação*. Artmed: Porto Alegre.

Dias, A. (2013). *Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade*. Mestrado em Engenharia Humana, Universidade do Minho, Minho.

Frota, A. B. e Schiffer, S. R. (1995). *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo: Nobel.

Goldemberg, J. e Lucon, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados*, 21 (59), 7-20.

ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.

Krüger, E., Dumke, E. e Michaloski, A. (2001). *Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba*. VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais do VI ENCAC, São Pedro – São Paulo, Brasil, UNICAMP/UESCar/Associação Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, Vol. 1, 1-7.

Markov, D. (2002). *Practical Evaluation of the Thermal Comfort parameters*. Annual International Course: Ventilation and Indoor climate. P. Stankov (ed.). Avangard, Sofia, Bulgária, 158-170.

Miguel, A. S. (2010). *Manual de Higiene e segurança no trabalho* (11ª ed.). Porto Editora.

Morgado, M., Talaia, M. e Teixeira, L. (2015). A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1-11.

Nogueira, M. C. J. A. e Nogueira, J. S. (2003). Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. *Revista Electrónica em Educação Ambiental*, 10, 104-108.

Pedrosa, M. A. e Loureiro, C. (2008). *Desenvolvimento sustentável, energia e recursos energéticos em documentos oficiais para o ensino básico e manuais escolares de ciências*. Em J. Mendoza Rodríguez e M. A. Fernández Domínguez (eds.), *Educación Enerxética, Enerxías Renovables e Cambio Climático* (pp. 177-186). Colección: Informes e Propostas nº 20. Santiago de Compostela: Instituto de Ciencias da Educación, Universidade de Santiago de Compostela.

Rebelo, A., Santos Baptista, J. e Diogo, M. T. (2008). Caracterização das Condições de Conforto Térmico na FEUP. Em J. F. S. Gomes et al., *Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo*. Porto: Edições INEGI.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walber-Henriksson, H. e Hemmo, V. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.

Santos, F. D. (2008). Riscos de insustentabilidade. Quais os caminhos para um desenvolvimento sustentável? Em R. M. Vieira et al. (coords.), *Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências* (pp. 14-20). Aveiro: Universidade de Aveiro.

Santos, F. M., Coutinho, A. S. e Araújo, B. T. (2002). *Um estudo sobre a influência do forro de PVC no Conforto Térmico em Habitações Populares*. ABERGO, Recife, ANAIS.

Souza, V. e Justi, R. (2011). Interloquções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações química. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 13 (2) 31-46.

Talaia, M. e Simões, H. (2009). EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. Em *V Congreso Cubano de Meteorología* (pp. 1612-1626). Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba.

Talaia, M. e Rodrigues, F. (2008). *Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral*. Em J. F. S. Gomes et al., *Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo*. Porto: Edições INEGI.

Tilbury, D. (2011). *Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning*. Paris: UNESCO.

Zepke, N. e Leach, L. (2010). Improving student engagement: ten proposals for action. *Active Learning in Higher Education*, 2 (3), 167-177.

Wyon, D. (2010). *Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children*. Acedido a 13 de Junho de 2013, de [http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation\\_2010/Vilnius/David\\_Wyon.pdf](http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation_2010/Vilnius/David_Wyon.pdf).