Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE ESCOLAR: ESTUDO DE CASO EM ESCALA MICROCLIMÁTICA

Analysis of thermal comfort in a school environment: case study on a microclimate scale

Análisis del confort térmico en ambiente escolar: estudio de caso en escala de microclima

André Luiz de Souza Celarino
Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Campus Quedas do Iguaçu
andre.celarino@ifpr.edu.br

Marina Sória Castellano
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Campus Francisco Beltrão
marina.castellano@unioeste.br

Thiago Giebmeyer
Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Campus Quedas do Iguaçu
giebmeyerthiago@gmail.com

Resumo: Estudos sobre conforto térmico vêm sendo desenvolvidos por pesquisadores há décadas, sobretudo com o intuito de averiguar o bem-estar de usuários de ambientes fechados. O objetivo deste trabalho foi monitorar duas salas nas dependências do Instituto Federal do Paraná de Quedas do Iguaçu, obtendo dados horários de umidade e temperatura do ar para o cálculo da temperatura do ponto de orvalho (Td) e, assim, do índice de desconforto térmico (Idk). Foram levantados dados entre os meses de novembro de 2018 e fevereiro de 2020, totalizando mais de sete mil registros para cada ambiente, o que permitiu uma análise das condições térmicas ao longo das quatro estações do ano. Houve diferenças importantes entre os ambientes, sendo a sala dos alunos, em média, 3ºC superior à sala dos professores, registrando 49,3% dos dados como desconforto/estresse para o calor, enquanto na sala dos professores esse índice foi de apenas 16,0%, sem registros de estresse por calor. A metodologia proposta proporcionou um grande volume de dados consistentes sobre conforto/desconforto térmico nos ambientes analisados. Assim, é importante que instrumentos de baixo custo como este produzam dados primários e de maneira automatizada, uma vez que permitem estudos sobre microclimas com alto grau de detalhamento.

Palavras-chave: Arduino; umidade do ar; temperatura do ar.

Abstract: Studies about thermal comfort has been made by researchers for decades, especially to investigate well-being of users in indoor environments. The objective was to monitor two rooms at Instituto Federal do Paraná, Quedas do Iguaçu campus, obtaining hourly data of humidity and temperature to calculate the dew temperature (Td), and, consequently, the thermal discomfort index (Idk). Data were collected between November 2018 and February 2020, totalizing more than seven thousand records for each environment, which allowed an analysis of thermal conditions throughout the four seasons of the year. There were significant differences between the two rooms, with the students' room being, on average, 3°C higher than teachers' room, recording 49.3% of the data as discomfort/stress due to the heat, while in the teachers' room this index was only 16.0%, with no heat stress recorded. The proposed methodology provided a large volume of consistent data on thermal comfort/discomfort in the analyzed environments, thus, it is extremely important that instruments like this produce primary data and in a automated way, because they allow studies on microclimates with high degree of detail.
Keywords: Arduino; air humidity, air temperature.

Resumen: Estudios sobre el confort térmico han sido desarrollados por investigadores durante décadas, especialmente con el objetivo de investigar el bienestar de los usuarios de ambientes interiores. El objetivo de este trabajo fue monitorear dos salas del Instituto Federal do Paraná, campus Quedas do Iguaçu, obteniendo datos horarios de humedad y temperatura para calcular la temperatura de rocío (Td) y, consecuentemente, el índice del disconfort térmico (Idk). Los datos fueron recolectados entre noviembre de 2018 y febrero de 2020, totalizando más de siete mil registros para cada ambiente, lo que permitió un análisis de las condiciones térmicas a lo largo de las cuatro estaciones del año. Hubo diferencias significativas entre los ambientes, siendo la sala de estudiantes, en promedio, 3°C más alta que la sala de profesores, registrándose el 49,3% de los datos como malestar/estrés por el calor, mientras que en la sala de profesores este índice fue solo el 16,0%, sin registros de estrés por calor. La metodología propuesta proporcionó un gran volumen de datos consistentes sobre el confort/disconfort térmico en los ambientes analizados, por lo que es importante que instrumentos como este produzcan datos primarios y de forma automatizada, ya que permiten realizar estudios sobre microclimas con un alto grado de detalle.
Palabras clave: Arduino; humedad del aire; temperatura del aire.

Submetido em: 18/03/2022
Aceito para publicação em: 11/10/2022
Publicado em: 17/01/2023

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por conforto térmico a condição da mente do indivíduo que expressa sua satisfação em relação ao ambiente térmico (FANGER, 1970), conceito complementado por Santos e Andrade (2008), ao afirmarem que o conforto térmico seria referente às trocas térmicas entre pessoas e ambientes, que dependem de inúmeros fatores comandados por processos físicos.

De acordo com Frota e Schiffer (2001), pesquisas relacionadas ao conforto térmico podem ser desenvolvidas com base em diferentes índices: biofísicos (trocas de calor entre o corpo e o ambiente), fisiológicos (reações originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura média, umidade do ar e velocidade do vento) e subjetivos (sensações subjetivas de conforto ou desconforto térmico). O conforto térmico é atingido, segundo os autores, quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem muito esforço e a liberação de calor é suficiente para que a temperatura interna se mantenha próxima aos 37°C.

Apesar de se tratar de uma área do conhecimento de caráter interdisciplinar, as principais variáveis do conforto térmico (temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente) são amplamente ligadas à Ciência Geográfica, por meio do regime de chuvas, vegetação, características físicas do solo, reservatórios de água superficiais e subsuperficiais, topografia e alteração antrópica.

O ambiente construído socialmente apresenta grande importância como fator que modifica os elementos atmosféricos em escala microclimática ou local, fato que influencia as condições de conforto dos indivíduos (SILVA; AMORIM, 2010). Logo, a relevância de estudos desta natureza se dá, em especial, diante do cenário atual e futuro de aquecimento da atmosfera, em que eventos extremos quentes e ondas de calor têm sido mais frequentes e intensos em áreas continentais desde a década de 1950, além da alta probabilidade de que o incremento da temperatura média global em 0,5ºC em relação aos valores observados atualmente possa aumentar ainda mais as intensidades e frequências de ondas de calor (IPCC, 2021).

Estudos sobre o conforto térmico vêm sendo desenvolvidos há décadas, com registros desde 1905 na Inglaterra (AULICIEMS; SZOKOLAY, 2007). Em anos mais recentes, são vários os

trabalhos que tratam da temática em ambientes internos, por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, para distintas finalidades.

Arduinos foram utilizados por Silva et al. (2021), ao avaliarem a temperatura e umidade do ar diárias de uma residência e da área de convivência do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), campus Caruaru, com o intuito de avaliarem o conforto térmico dos usuários destes espaços em três períodos do dia.

Fernandes et al. (2019), que registraram dados de temperatura e umidade do ar em uma das salas do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) em Barra do Bugres (MT), constatando a influência dos materiais construtivos inadequados nas sensações de desconforto térmico por parte dos usuários. Os mesmos tipos de dados foram coletados por por Rocha et al. (2020), ao analisarem o conforto térmico de uma eco residência construída no município de Cabaceiras (PB). Metodologia semelhante foi implementada por Molina et al. (2021), em casas altas andinas no Peru, construídas com materiais amplamente utilizados em residências neste país.

Pozas et al. (2020) geraram dados primários de temperatura e umidade do ar, a fim de analisar o conforto térmico em edifícios públicos espanhóis durante um ano. Pandolfi (2019) desenvolveu um sistema de monitoramento de sensores sem fio, com o objetivo de analisar o conforto térmico em salas de aula e laboratórios escolares. Karami et al. (2018) desenvolveram uma caixa de ferramenta portátil que permite a medição contínua de parâmetros associados à análise de conforto térmico em ambientes internos.

Tendo em vista que situações de desconforto térmico podem influenciar o rendimento em seres humanos, uma vez que nossos organismos são sensíveis a variações térmicas do ambiente (VIANA, 2013), a preocupação com o conforto térmico especialmente no espaço escolar é premente, sendo o ambiente térmico um dos fatores que condicionam o processo de aprendizagem (REBELO et al, 2008).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é analisar o conforto térmico em duas salas do campus avançado do Instituto Federal do Paraná (IFPR), campus Quedas do Iguaçu, por meio de dados primários gerados por equipamento de baixo custo. Pretende-se, assim, compreender quais são as condições de desconforto em relação ao frio ou ao calor em diferentes épocas do ano.

2. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo da pesquisa, foi necessária a construção de dois Arduinos (Figura 1), projetados e desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio do curso Técnico em Informática do Instituto Federal do Paraná (IFPR), campus Quedas do Iguaçu. Os aparelhos, que fazem a captura horária de dados primários de temperatura e umidade do ar, utilizaram uma IDE (*Integrated Development Environment)* própria da linguagem do microcontrolador Arduino. O algoritmo criado tem uma linguagem de programação baseada em C++ com base em uma biblioteca própria para utilização dos sensores DHT11 e dos módulos micro SD card, local onde os dados foram armazenados e descarregados a cada duas semanas nos computadores da instituição.

Figura 1 - Arduino utilizado para medição de temperatura e umidade do ar.

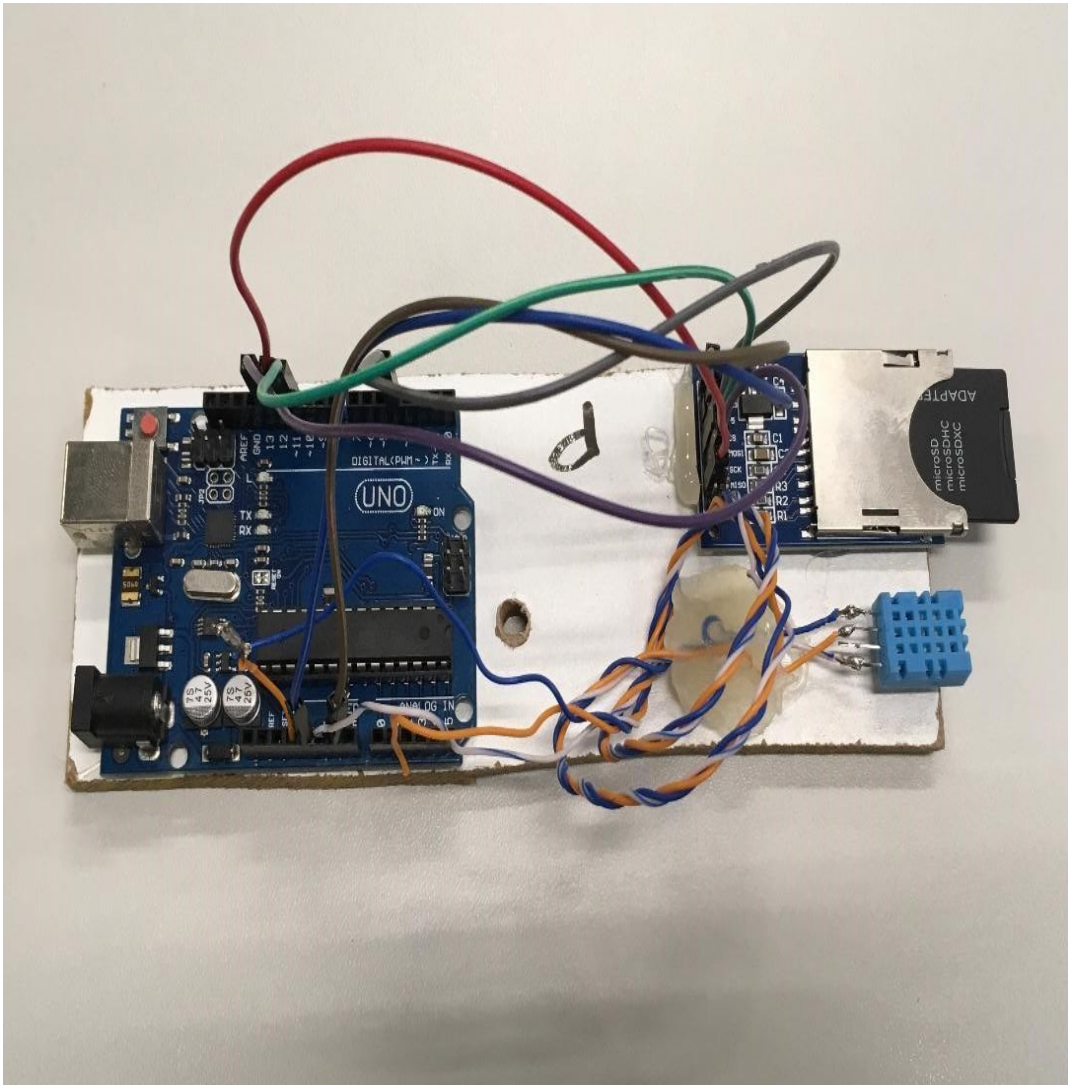


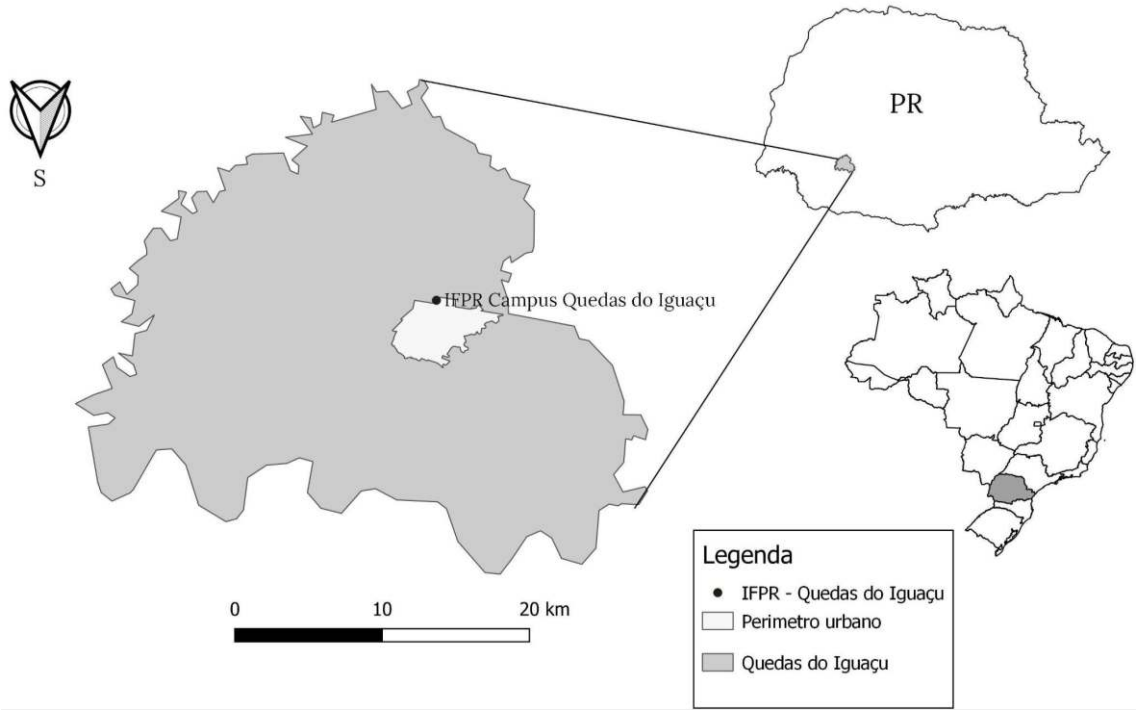
Foto: Thiago Giebmeyer (2019).

A escolha por este tipo de equipamento se deu por seu baixo custo[1], facilidade de manejo e programação, alta capacidade de registro de dados - fator importante para a presente pesquisa -, além de ser um instrumento bastante efetivo na geração de dados primários, conforme atestado por outras pesquisas, ainda que em diferentes áreas do conhecimento (SALAMONE, et al., 2015; ALI et al., 2016; MÁRQUEZ, 2016; BAMODU et al., 2018; GUTIERREZ et al., 2018; NGENE; GUNDA, 2018; ROLANDO et al., 2018; GARCIA NETO et al., 2019; MOBARAKI et al., 2020; PAULINA et al., 2021).

Os Arduinos foram dispostos em duas salas do prédio do IFPR, campus Quedas do Iguaçu, localizado na região Oeste do estado do Paraná (Figura 2a). O entorno do campus do IFPR é constituído por estreitas vias de asfalto e extensas áreas verdes, referentes a pequenas plantações de milho e soja, bem como áreas de ocupação recente e remanescentes florestais (Figura 2b). O clima do município, segundo a classificação de Köppen, é o Cfa, úmido em todas as estações e com verão quente, precipitação média anual entre 1.800 e 2.000 mm e temperatura média anual de 20,1 a 21°C (NITSCHE et al., 2019).

[1] Cerca de R$ 100,00 em 11/2018

Figura 2 - Localização da área de estudo.



a) Localização do município de Quedas do Iguaçu no estado do Paraná e no Brasil.



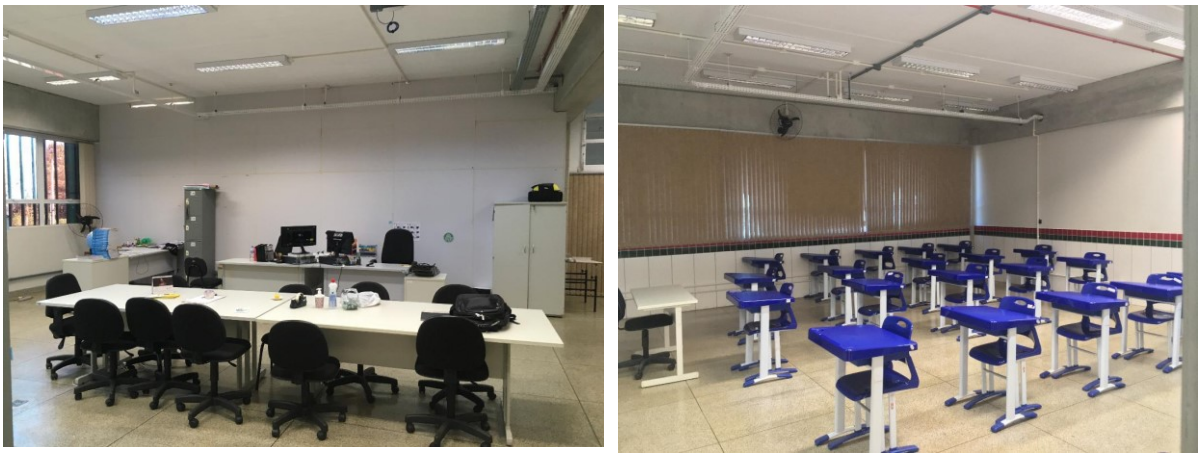
b) Vista superior da localização do Instituto Federal do Paraná (campus Quedas do Iguaçu).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022); *GoogleMaps.*

Os Arduinos foram dispostos em uma sala de aula e na sala dos professores (Figuras 3a e 3b), ambas situadas no segundo andar do prédio de alvenaria de cor branca, com telhado de fibrocimento. A sala de aula escolhida para a instalação do equipamento apresenta ampla janela de vidro voltada para o sul, com a presença de um ventilador fixo de teto, a qual comporta aproximadamente 25 alunos. A sala dos docentes, também iluminada por grandes

janelas de vidro voltadas para o leste, acomoda até 15 docentes e tem ventilador de chão de tamanho pequeno. Em ambas as salas, os equipamentos foram instalados em cima de suporte de madeira em canaletas próximas ao teto (Figura 4), de forma a terem contato direto com uma fonte de energia e ficarem protegidos de eventuais avarias provocadas por possíveis impactos.

Figura 3 - Ambientes do IFPR monitorados por Arduino.



a) Sala dos professores; b) Sala de aula

Foto: Thiago Giebmeyer (2019).

Figura 4 - Instalação do Arduino em canaleta próxima ao teto.

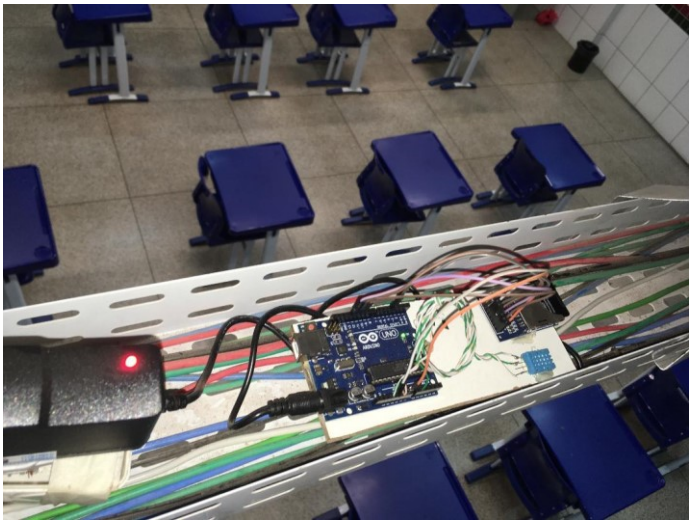


Foto: Thiago Giebmeyer (2019).

Os dados horários de temperatura e umidade do ar levantados entre 27 de novembro de 2018 e 06 de fevereiro de 2020 foram organizados em planilha do Microsoft Excel. O

conforto térmico foi definido a partir do índice proposto por Kawamura (1965), utilizado também por outros autores (VITAL et al., 2012; SANTOS et al., 2014; COSTA, 2017):

(1) Idk = 0,99T + 0,36Td + 41,5

A Td pode ser estimada, segundo Costa (2017), pela seguinte equação:

(2) Td = T - (14,55 + 0,114.T) . (1 - (0,01.UR)) - ((2,5 + 0,007.T) . (1 - (0,01.UR)))3 - (15,9 + 0,117.T) . (1 - (0,01.UR))14

Na equação (1), T é a temperatura do ar (°C) e Td é a temperatura de orvalho (°C). Na equação (2), UR é a umidade relativa do ar (%).

Optou-se pelo uso deste índice pois os dados de temperatura e umidade do ar são possíveis de serem obtidos pelos sensores do Arduino numa frequência alta, produzindo uma grande densidade de registros. Além disso, outros índices também usam, por exemplo, dados de velocidade de vento no momento da temperatura máxima do dia, informação difícil de se obter. O índice de desconforto apresenta valores muito próximos ao de Thom (1959), metodologia bastante utilizada em estudos de conforto térmico.

Os valores obtidos de Idk foram analisados de acordo com as faixas de sensações térmicas definidas por Ono e Kawamura (1991), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Limiares de Idk e respectiva sensação térmica relacionada.

Valores de Idk	Sensação térmica
Idk > 80	Estresse devido ao calor
75 < Idk < 80	Desconforto devido ao calor
60 < Idk < 75	Confortável
55 < Idk < 60	Desconforto devido ao frio
Idk < 55	Estresse devido ao frio

Fonte: Ono e Kawamura (1991).

Para os valores de Idk das duas salas, aplicou-se o teste t-Student para variância desigual entre duas amostragens independentes, caso mais frequente na maioria das áreas de pesquisa (SILVA e FERREIRA, 2003). Tal análise teve por objetivo comparar as médias e a variância do índice Idk nas duas salas para que se pudesse avaliar possíveis erros de calibração nos sensores de temperatura e umidade do ar (no caso, por exemplo, da variância ser igual nas duas salas) e, além disso, inferir padrões de variância através de amostragens independentes.

É importante ressaltar que há limitações nos usos de índices de conforto térmico (BRACARENSE, et al, 2018), uma vez que as sensações de conforto/desconforto térmico dependem de fatores subjetivos, variando de acordo com características pessoais de cada indivíduo (FANGER, 1970; SILVA e AMORIM, 2010; NÓBREGA e LEMOS, 2011).

Assim, os resultados apresentados neste trabalho ilustram apenas os dados levantados por Arduino e analisados de acordo com o índice Idk. Uma análise mais criteriosa dependeria da consulta aos usuários dos espaços, o que não foi foco do presente estudo.

3. RESULTADOS

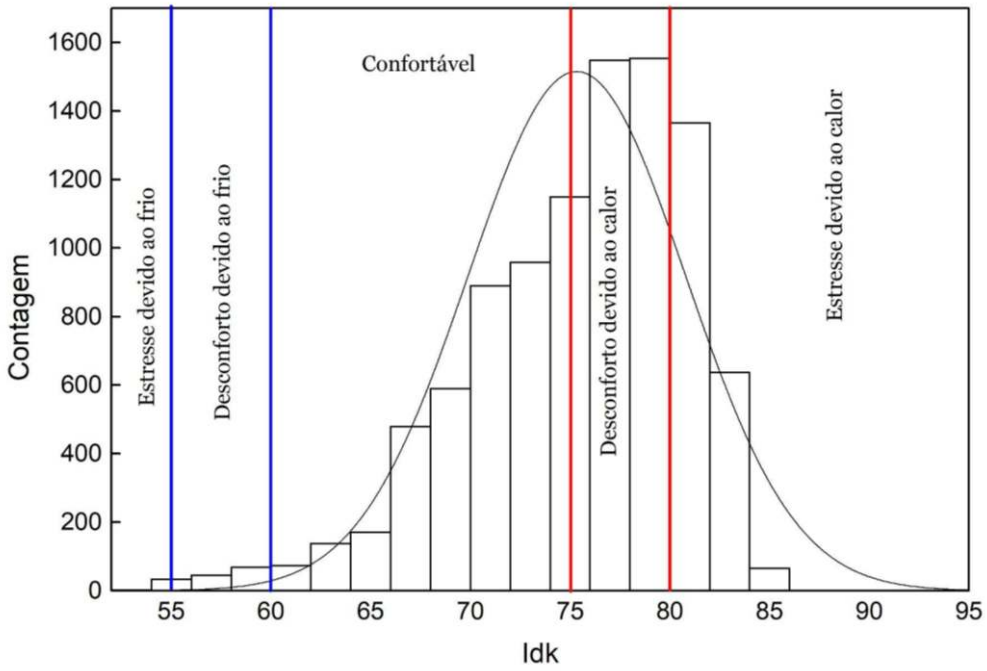
Observando as distribuições dos dados e aplicando testes t-Student para os índices de Idk das duas salas (sala de aula n= 7720 e sala dos professores n= 7399), conclui-se que para um nível de significância de 0,05, a média e a variância de Idk são significativamente diferentes. Além disso, a sala de aula apresentou variância maior nos índices (29,7) em relação à sala dos professores (25,88), o que pode ser reflexo do maior uso e maior fluxo de indivíduos.

As Figuras 5 e 6 apresentam os histogramas do índice Idk para a sala de aula e de professores, respectivamente, entre 27 de novembro de 2018 e 06 de fevereiro de 2020, contemplando, portanto, aproximadamente um ano e dois meses de coleta de dados. Observa-se que a distribuição de Idk para a sala de aula (Figura 5) aponta para predomínio na faixa entre 70 e 80, o que indica uma situação de desconforto térmico. Salienta-se ainda que em 49,2% dos 7.720 registros feitos pelo sistema houve situações de desconforto devido e/ou estresse ao calor para este ambiente. Além disso, períodos de conforto térmico somaram aproximadamente 48,9%; desconforto para o calor apresentou 33,7%; os momentos com

estresse devido ao calor representaram 15,5% do total de registros; e desconforto e/ou estresse para o frio, apenas 1,9% dos registros.

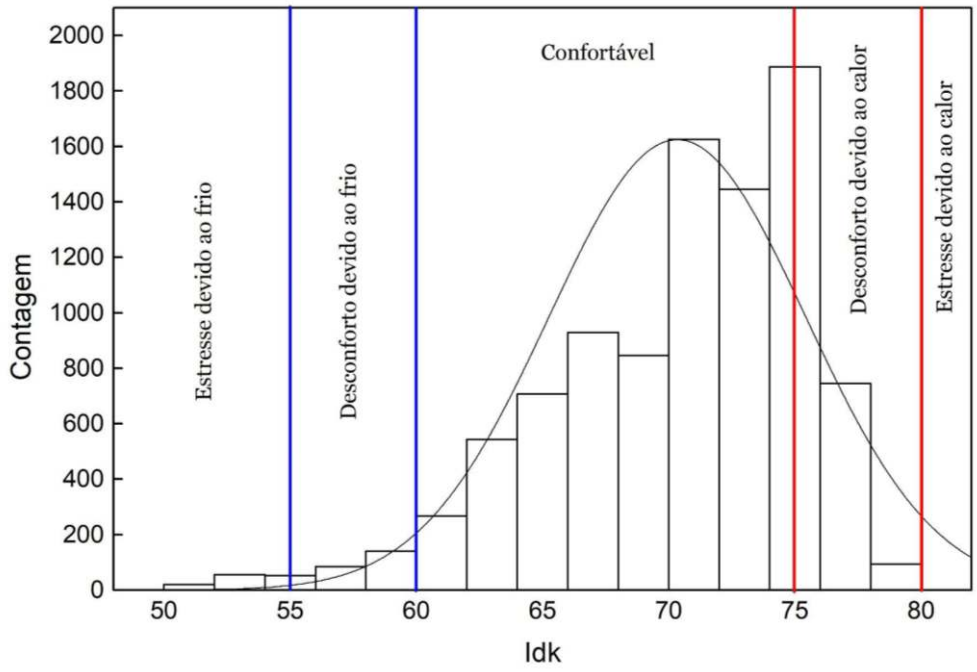
Com relação à sala dos professores (Figura 6), observa-se que os índices de Idk se distribuem com maior frequência no intervalo entre 66 e 75, valores considerados por Ono e Kawamura (1991) como reflexo de conforto térmico. Destaca-se que aproximadamente 79,3% dos dados encontram-se na faixa de conforto térmico; 16,0% estão na faixa do desconforto para o calor; 4,7% foram classificados como estresse e/ou desconforto para o frio; e não foram registrados dados na faixa de estresse para calor.

Figura 5 - Histograma do índice Idk para a sala de aula (27/11/2018 a 06/02/2020)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 6 - Histograma do índice Idk para a sala dos professores (27/11/2018 a 06/02/2020)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

É possível observar que, complementando os dados das Figuras 5 e 6, a média de temperatura da sala de aula é aproximadamente 3ºC superior em relação à sala dos professores, havendo variação de 10° a 35 ºC e de 9 a 31 ºC, respectivamente (Tabela 1). Quanto à umidade do ar, observa-se que a sala de aula é, em média, 15,5% mais úmida em relação à sala dos professores, apresentando variação de 27 a 95% e 14 a 90%, respectivamente (Tabela 1).

O erro padrão dos dados correspondentes à temperatura da sala de aula é superior ao da sala dos professores. No entanto, como os valores associados ao intervalo de confiança para um nível de significância de 5,0% também são baixos, é possível afirmar que os dados têm um intervalo de variação muito próximo da média calculada. Quanto ao desvio padrão, na sala de aula foi de 4,3ºC, ou seja, 0,5ºC superior ao valor observado para a sala dos professores. Nesse sentido, esta última tem uma distribuição mais homogênea dos dados em torno da média. Com relação aos dados de umidade, observa-se que a tendência se mantém, uma vez que a sala dos alunos possui valores maiores de erro padrão, desvio padrão e variância (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva das duas salas analisadas

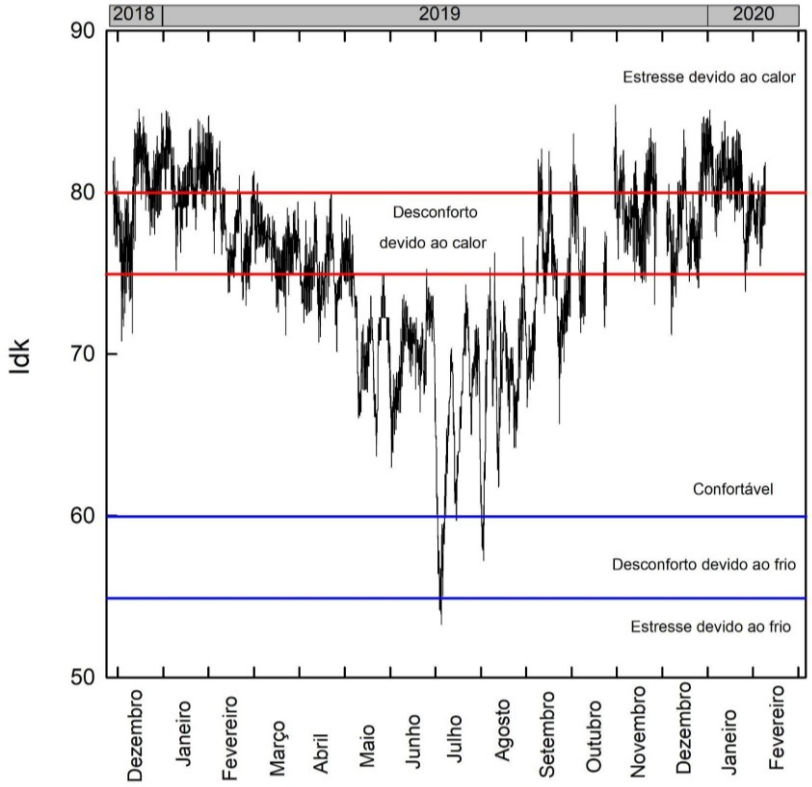
Estatística	Temperatura - Sala de aula	Temperatura - Sala dos professores	Umidade - Sala de aula	Umidade - Sala dos professores
Média	26,3	23,3	75,0	59,5
Erro padrão	0,043	0,039	0,124	0,103
Desvio padrão	4,3	3,8	12,3	10,0
Variância	18,3	14,6	150,9	99,9
Mínimo	10,0	9,0	27,0	14,0
Máximo	35,0	31,0	95,0	90,0
Nível de confiança (95,0%)	0,085	0,077	0,244	0,202

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As Figuras 7 e 8 apresentam a relação entre o Idk e os meses do ano para as duas salas, mostrando limites para as situações de conforto/desconforto devido ao calor/frio e estresse devido ao calor/frio. Nota-se que na sala de aula (Figura 7), o panorama é bastante desfavorável aos usuários, uma vez que os períodos de novembro a abril apresentam predomínio de momentos de estresse e desconforto para o calor; de maio até o início de setembro o ambiente apresenta situação de conforto térmico, com alguns picos de desconforto e estresse para o frio, principalmente no inverno. Já com a proximidade da primavera em setembro, o índice volta a apresentar situações de desconforto devido ao calor, com alguns picos de estresse devido ao calor.

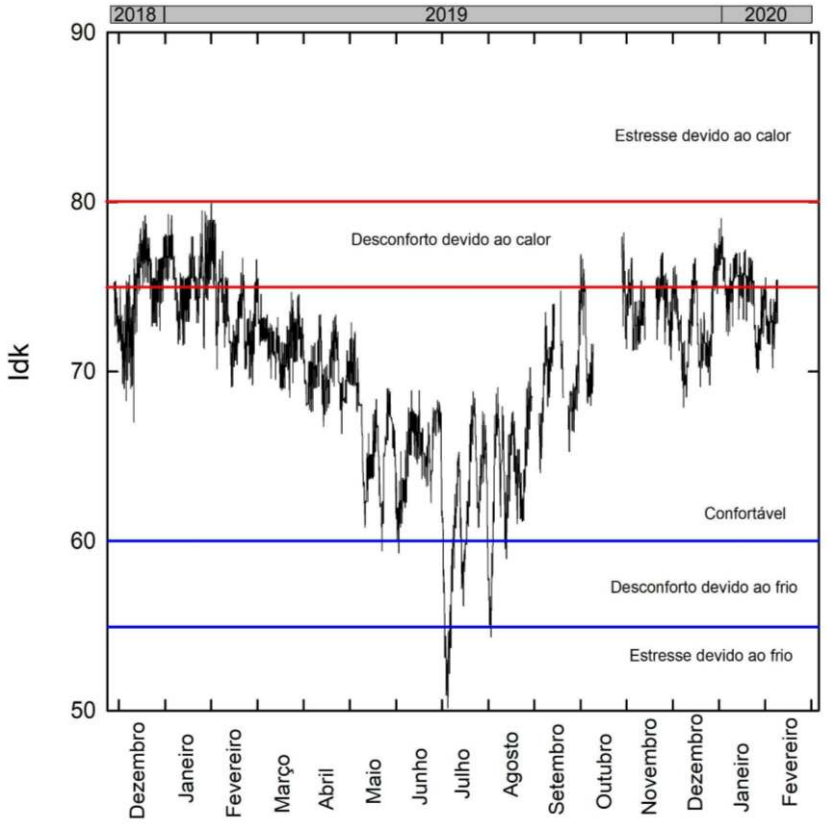
Já na sala dos professores (Figura 8), em grande parte do período analisado houve valores de Idk menores que 75, referente à sensação de conforto térmico. Índices acima desse valor, que correspondem a desconforto ou estresse devido ao calor, ocorreram, em sua maioria, nos meses de verão. Além disso, entre os meses de junho e julho, os valores de desconforto e estresse devido ao frio foram frequentes (17,0% em relação a todo o período analisado), dados que corroboram com levantamentos oficiais de temperatura coletados na estação meteorológica do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), localizada no município de Quedas do Iguaçu.

Figura 7 - Valores de Idk para a sala de aula, entre 27/11/2018 e 6/2/2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 8 - Valores de Idk para a sala dos professores, entre 27/11/2018 e 6/2/2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Tendo em vista que os dois ambientes têm características bastante parecidas (estão em um prédio construído em alvenaria, localizado em área pouco urbanizada, com presença de vegetação ao redor, com tipos e tamanhos de janelas e sistemas de ventilação semelhantes), aventa-se a possibilidade das diferenças térmicas se darem em virtude da quantidade de usuários nos dois ambientes, uma vez que o organismo humano gera calor e pode ser uma fonte térmica dentro de um ambiente fechado, conforme ressaltam Frota e Schiffer (2001) e Viana (2013). Assim, enquanto a sala dos discentes tem, nos períodos de aula, a presença de cerca de 20 pessoas em um ambiente menor, a sala dos docentes aglomera, no máximo, cinco pessoas por período.

É importante ressaltar que os momentos de estresse e desconforto devido ao calor ocorreram justamente na sala de aula, situação preocupante, uma vez que tais situações podem prejudicar a memória, concentração e processo de aprendizagem dos estudantes. As consequências do desconforto na aprendizagem não foram alvo deste estudo e, portanto, não foram mensurados. Todavia, tais implicações foram estudadas por outros pesquisadores (CUI et al., 2013; JIANG et al., 2018; MARÇAL et al., 2018; LIU et al., 2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que abordam o conforto térmico em áreas internas são importantes, uma vez que situações de desconforto térmico afetam a qualidade de vida dos indivíduos que fazem uso desses espaços. Desta forma, a presente pesquisa, que teve como objetivo calcular, com base em dados primários, o conforto térmico de duas salas do instituto Federal do Paraná (IFPR), campus de Quedas do Iguaçu, apresenta relevância uma vez que pode servir como instrumento para auxiliar a adequação térmica dos ambientes.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar registrados nas duas salas analisadas mostram que há, claramente, diferenças térmicas entre os dois ambientes: enquanto a sala de aula registrou valores de Idk superiores, incluindo períodos de desconforto e estresse devido ao calor, a sala dos professores apresentou valores inferiores de Idk, incluindo períodos de estresse e desconforto devido ao frio. Assim, os resultados apresentados indicam maior exposição dos discentes a momentos de desconforto e estresse térmico devido ao calor, uma vez que se trata do público que frequenta, em maior número, a

sala de aula. Tal fato é relevante, uma vez que ambientes termicamente desconfortáveis podem afetar o aprendizado e capacidade de concentração, conforme mencionado anteriormente.

A metodologia proposta, utilizada de maneira efetiva nesta pesquisa e por outros autores, proporcionou dados consistentes sobre o conforto e desconforto térmico dos usuários dos ambientes selecionados. A confecção de instrumentos que possibilitam a geração de dados primários é essencial para estudos desta natureza, uma vez que se trata de ferramenta de baixo custo, o que possibilita análises mais detalhadas em escala microclimática.

Por fim, salienta-se a relevância do tema e da metodologia propostos no âmbito da Ciência Geográfica, em especial da Climatologia, principalmente em virtude de cenários atuais e futuros de intensificação de eventos extremos e ondas de calor, fator que pode, cada vez mais, influenciar a qualidade de vida, bem-estar e saúde das pessoas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao docente Odair Moreira de Souza, pela ajuda na montagem e prototipação dos Arduinos, e ao docente João Paulo Ganhor, pela ajuda na instalação dos equipamentos nos ambientes mencionados. Agradecemos também à PROEPPI (Pró Reitoria de Extensão, Pesquisa, Pós Graduação e Inovação do Instituto Federal do Paraná) pelo apoio financeiro e ao campus IFPR – Quedas do Iguaçu pela estrutura e equipamentos cedidos.

REFERÊNCIAS

ALI, A. S.; ZANZINGER, Z.; DEBOSE, D.; STEPHENS, B. Open source building science sensors (OSBSS): a low-cost arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection. **Building and Environment,** n. 100, p. 114-126, 2016. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02.010

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY, S. V. **Thermal confort**. Brisbane, PLEA in association with Dept. of Architecture, University of Queensland, 2007.

BAMODU, O.; OSEBOR, F.; XIA, L.; CHESHMEHZANGI, A.; TANG, L. Indoor environment monitoring based on humidity conditions using a low-cost sensor network. **Energy Procedia**, n. 145, 464–471, 2018. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.04.093

BRACARENSE, L. dos S. F. P; DE LA CRUZ, B. C. B.; MONTEIRO, A. J. F.; SANTOS, A. P. F.; VENÂNCIO, S. L. A.; PEREIRA, E. C. Índices de conforto térmico: limitações e variações de classificação. *In:* 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS), 2018, Coimbra, Portugal. **Anais [...]**, Coimbra, 24 a 26 de outubro de 2018. v. 1, p. 1263-1275.

COSTA, R. L. **Cenários Futuros de Mudanças Climáticas e Impactos do Conforto Térmico Humano em Áreas Urbanizadas**. 2017. 158 f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) - Instituto de Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília.

CUI, W.; CAO, G.; PARK, J. H.; OUYANG, Q.; ZHU, Y. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. **Building and Environment**, v. 68, p. 114-122, 2013. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.06.012

FANGER, P. O. **Thermal Confort.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FERNANDES, T. ; BORGES, R. T.; NOVAIS, J. W. Z. ; CURVO, A. D.; NASCIMENTO, V. L. do; JUNIOR, M. A. da S.; FERNANDES, T. Avaliação do conforto térmico ambiente em uma unidade do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS). **Research, Society and Development**, v. 8, p. 1-14, 2019. https://doi.org/10.33448/rsd-v8i4.957

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARCIA NETO, P. D.; LEITE, G. N. P.; FERRAZ, K. A.; OCHOA, A. A. V. Dimensionamento e construção de um dispositivo para a medição e controle de parâmetros de conforto térmico de baixo custo através da plataforma arduino. *In*: XVI CONBRAVA - Congresso Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de Ar, 2019, São Paulo. **Anais eletrônicos Conbrava**, São Paulo, 2019. Disponível em: http://schenautomacao.com.br/abrava/anais/trabalhos.php. Acesso em dezembro de 2021.

GUTIERREZ, A. B; MARCHAND, C. M.; REDONDO, M. G.; GARCIA, A. G. Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje en la toma de medidas de confort y transmisión de calor. **Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación**, v. 2, n. 2, p. 990-104, mai./ago. 2018. https://doi.org/10.20868/abe.2018.2.3791

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. **Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Reporto f the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, 2021.

JIANG, J.; WANG, D.; LIU, Y.; XU, Y. LIU, J. A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. **Building and Environment**, n. 134, p. 102-113, 2018. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.036

KARAMI, M.; MCMORROW, G. V.; WANG, L. Continuous monitoring of indoor environmental quality using an Arduinobased data acquisition system. **Journal of Building Engineering**, n. 19, p. 412-419, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.05.014

KAWAMURA, T. Distribution of discomfort index in Japan in summer season. **International Journal of Biometeorology**, v.17, p.460-466, 1965.

LIU, H.; MA, X.; ZHANG, Z.; CHENG, X.; CHEN, Y.; KOJIMA, S. Study on the Relationship between Thermal Comfort and Learning Efficiency of Different Classroom-Types in Transitional Seasons in the Hot Summer and ColdWinter Zone of China. **Energies**, n. 14, 2021. https://doi.org/10.3390/en14196338

MARÇAL, V. G.; SOUZA, H. A.; COELHO, F. F. M.; MARÇAL, C. C. S. Relevância e percepção do conforto térmico no processo de aprendizagem em sala de aula. **Boletim Técnico do Senac**, v. 44, p. 190-201, 2018.

MÁRQUEZ, C. A. C. **Estudio de parámetros de confort higro-térmico en ambientes arquitectónicos contiguos a envolventes construidas con sistemas de hormigón y poliestireno expandido.** 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Edificação) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Guayaquil, Guayaquil, Equador.

MOBARAKI, B.; KOMARIZADEHASL, S.; PASCUAL, F. J. C. Determination of environmental parameters based on arduino based low-cost sensors. Recent Trends in Construction Engineering and Education - RTCEE International Conference, 2020, Cuta. **Anais RTCEE International Conference**, Cuta, Set./2020, p. 99-104.

MOLINA, J. O.; RÍOS, H. F.; GÓMEZ, M. M.; HORN, M. J. Thermophysical characterization of vernacular wall materials: measurements of specific heat and density, **Journal of Physics: Conference Series,** n. 1841, p. 02-12, 2021. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1841/1/012011

NGENE, C. U.; GUNDA, M. B. An Arduino-Based Thermal Comfort System. **Journal of Science, Technology & Education (JOSTE),** v. 6(4), p. 284-292, dez/ 2018.

NITSCHE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2019.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. da S. O (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife: um estudo microclimático. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 28, p. 93-109, 2011.

ONO, H. P; KAWAMURA, T. Sensible climates in monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, p.39-47, 1991.

PANDOLFI, A. S. **Sistema de monitoramento de sensores sem fio utilizando rede mesh com foco em conforto e qualidade em ambientes escolares**. 2019. 21 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Conectividade e Tecnologias da Informação) - Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina.

PAULINA, V.; JEAN, R.; OCTAVO, C.; JOSÉ, M. Thermal conductivity of straw bales and other materials used in Ecuador's masonry by the thermal needle probe method. **Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles**, v. 11, n. 1, p. 07-13, 2021.

POZAS, B. M.; HOLGADO, B. M.; BONILLA, M. L. Metodología para mejorar el confort y la calidad del aire en edificios públicos con tecnología de bajo cost. **Anales de Edificación**, v. 6, n. 3, p. 27-34, 2020. http://dx.doi.org/10.20868/ade.2020.4612

REBELO, A.; BAPTISTA, J. B.; DIOGO, M. T. Caracterização das condições de conforto térmico na FEUP. *In*: V Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e II Congresso de Engenharia de Moçambique, 2008, Maputo. **Anais [...]**, Maputo, 2008.

ROCHA, P. I. de O.; FARIAS, V. S. de O.; ROCHA, V. de P. T. Avaliação do conforto térmico de ecoresidência. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 64705-64712, sep./2020.

ROLANDO, C.; ROBLES, J.; SOLÍS, J.; VARGAS, J.; NACARÍ, M. Sistema de análisis energético y de temperatura de las ventanas de un aula de clase con y sin aislamiento térmico. **RIC - Revista de Iniciación Científica**, v. 4, n. 2, dez./2018. https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2146

SALAMONE, F.; BELUSSI, L.; DANZA, L.; GHELLERE, M.; MERONI, I. Design and Development of nEMoS, an All-in-One, Low-Cost, Web-Connected and 3D-Printed Device for Environmental Analysis. **Sensors**, n. 15, p. 13012-13027, 2015. https://doi.org/10.3390/s150613012

SANTOS, R. L. e H. O. de ANDRADE. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 40, p. 77-84, 2008. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022008000200005

SANTOS, J. B. dos; AMORIM, R. F. C.; CAVALCANTE, L. P. A. Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca - Alagoas, utilizando o software Matlab. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 939-948, 2014. https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.5.p939-948

SILVA, F. V. da S.; CAVALCANTI, V. A. B. M.; SILVA, M. F. SILVA, J. M. N. da. Levantamento do perfil térmico anual do interior das habitações do IFPE do Alto do Moura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n.3, p. 22341-22353, mar./2021.

SILVA, L. P. e AMORIM, M. C. C. T. O conforto térmico em Presidente Prudente – SP: uma análise do ano de 2008 e das salas de aula da FCT/UNESP. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 32, p. 67-91, 2010.

SILVA, R.B.V.; FERREIRA, D.F. Alternativas para o teste t com variâncias heterogêneas avaliadas por meio de simulação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 185-191, 2003.

THOM, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise 12, p. 57-60, 1959.

VIANA, S. S. M. **Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP**. 2013. 219 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, Brasil.

VITAL, L. A. de B.; MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S. Estimativa de índice de desconforto humano em um transecto no município de Olinda/PE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p. 761– 772, 2012.