

## **Conforto térmico e clima nas edificações das cidades: estudo do centro de aulas D e E da Universidade Federal de Goiás – UFG**

### ***Thermal comfort and climate in buildings of cities: Case study of the center of classes D and E at the Federal University of Goiás – UFG***

**Danielle Sousa Vale, estudante Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Artes Visuais (FAV), Universidade Federal de Goiás – Goiânia.**

daniellesousavale@hotmail.com

**Dariane Gomes Rocha, estudante Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Universidade Federal de Goiás – Goiânia.**

darianeegomes@gmail.com

**Karla Emmanuela R. Hora, Doutora, docente dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Projeto e Cidade, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) - Universidade Federal de Goiás - Goiânia.**

karlaemmanuela@gmail.com

**Loyde V. A. Harbich, Doutora, docente no Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade, Faculdade de Artes Visuais (FAV), Universidade Federal de Goiás – Goiânia.**

loydeabreu@gmail.com

**Malorie Ndemengane Ebang, Estudante Engenharia Ambiental e Sanitária, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Universidade Federal de Goiás – Goiânia.**

ludwinendemengane@gmail.com

### **Resumo**

O ambiente físico da sala de aula deve propiciar aos usuários condições para se obter um adequado desenvolvimento das atividades de aprendizado. Este estudo visa comparar as condições térmicas de uma sala de aula do Centro de aulas D, e uma sala do centro de aulas E, ambos implantados no Campus Colemar Natal e Silva, UFG - Goiânia. As edificações possuem diferentes tipologias de projeto, sistemas de ar condicionado e modelos de brise-soleil. O método para avaliação dos edifícios consiste em: a) levantamento de dados climáticos – temperatura – por medições simultâneas; b) simulação computacional por meio do software Design Builder para avaliação do desempenho da edificação com condicionador de ar, ventilação natural e brise-soleil. Os resultados indicaram que ambos os edifícios necessitam do uso do ar condicionado para obtenção de uma condição de conforto térmico. Também foi possível perceber a importância do brise-soleil na edificação.

**Palavras-chave:** Conforto ambiental; Edifícios escolares; Design Builder ©.

### **Abstract**

*The physical environment of a classroom should provide users the conditions to properly develop learning activities. This study aims to evaluate the thermal performance of a Classroom in center of classes D, and a Classroom in center of classes E, both project models implemented at the Colemar VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNISUL – Palhoça – 12 a 14 de maio de 2020*

*Natal e Silva Campus, UFG - Goiânia. The buildings have different design typologies, air conditioning systems and brise-soleil models. The method for building evaluation consists of: a) collecting climate data - temperature - by simultaneous measurements; b) Computer simulation using Design Builder software to evaluate the performance with the air conditioner, natural ventilation and brise-soleil. Results indicate that both buildings use air conditioning to have a thermal comfort condition. It was also possible to realize the importance of brise-soleil in the building.*

**Keywords:** *Environmental comfort; School buildings; Design Builder* ®.

## 1. Introdução

Tanto fatores específicos quanto ambientais podem atuar no conforto térmico das edificações (SILVA, 2008). Portanto, projetar e construir edifícios que propiciem conforto aos usuários em suas diversas atividades deve ser o propósito de uma boa arquitetura.

Considerando isso, a pesquisa teve como objetivo geral comparar as condições térmico de uma sala de aula do Centro de aulas D, e uma sala do centro de aulas E, ambos implantados no Campus Colemar Natal e Silva, UFG - Goiânia – Goiás - Brasil. A metodologia baseou-se em medições de variáveis climáticas *in loco*, análise dos projetos técnicos e registros pictográficos para modelagem 3D. Além disso, elaborou-se um modelo tridimensional dos edifícios por meio do software “*Design Builder*” que, também, permitiu extrair dados para o cálculo de horas de conforto térmico dos usuários no ambiente interno.

## 2. Revisão

Segundo a ASHARE 55 (2017), o conforto térmico é definido como um estado de espírito, que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo, a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.

O conforto térmico está diretamente associado a como os indivíduos se sentem em relação ao ambiente, sendo diversas as variáveis que geram influência sobre essa condição. Atuam sobre a condição de conforto os processos de trocas de calor: condução, convecção, radiação e evaporação, que acarretam no organismo ganhos e perdas de energia com o meio, influenciados pelas variáveis climáticas, tais como: temperatura, umidade, movimento do ar e radiação. Deve-se considerar, também, as variáveis fisiológicas e psicológicas do indivíduo para indivíduo. Estas levam a percepção diferenciada e preferências térmicas (PAGNOSSIN, BURIOL; GRACIOLLI, 2001).

Considerando que a arquitetura é uma construção com o propósito de ordenar e organizar o espaço que o homem vive, este ambiente idealizado deve trazer maior qualidade de vida, saúde e conforto ao usuário. Desta forma, o edifício deve oferecer condições térmicas compatíveis ao bem-estar humano no seu interior, independente das condições externas. Para que isto seja possível, tanto em nível de projeto quanto a escolha dos materiais e tecnologias devem favorecer esta condição. As propostas, por exemplo, da arquitetura bioclimática tendem a tirar partido da natureza e das condições locais para favorecer o conforto térmico nas edificações.

Entretanto, muitos edifícios destinados à função educacional ainda apresentam limites, seja de projeto, seja de construção para promoção das condições de conforto e, em condições climáticas extremas necessitam de medidas não passivas para obtê-lo, elevando os custos de energia durante sua operação. Assim, produzir edifícios com melhores condições de conforto, também contribui para a sustentabilidade ambiental, uma vez que, se tornará reduzido a demanda por sistemas ativos de condicionamento ou aquecimento de ar.

### 3. Procedimentos metodológicos

A metodologia utilizada baseou-se na análise comparativa de dois edifícios, sendo os procedimentos descritos a seguir.

#### 3.1 Caracterização do clima de Goiânia

A cidade de Goiânia, apresentada na Figura 01, está localizada na latitude 16° 40' 24" sul, na longitude 49° 16' 29" oeste, à cerca de 750 m acima do nível do mar. A capital do estado de Goiás, se encontra a 209 km de Brasília, capital do Brasil e possui 739 km<sup>2</sup>, localizando-se na região do Planalto Central. O clima predominante no Estado de Goiás é o tropical sazonal, de inverno seco, sendo a média de precipitação pluviométrica de 1529 mm ano (COSTA, 2012) e a temperatura do ar média anual entorno de 22 °C e 23 °C (ABREU-HARBICH; CHAVES, 2016).

O município possui elevada amplitude térmica diária, sendo que, durante o ano, a média das máximas oscila 3,8°C em média. No mês de setembro, a temperatura máxima é de 32°C enquanto em dezembro chega a 28,2°C. Já no inverno atinge a média de 26°C.



Figura 1 – Localização de Goiânia no mapa do Brasil. Fonte: Elaboração própria.

### 3.2 Localização e características dos edifícios selecionados

Os Centros de Aula D e E da Universidade Federal de Goiás são edifícios destinados às atividades de ensino, tem menos de 10 anos de construção e são compostos de: salas de aula, sala de apoio, sala de informática. Eles estão situados no Campus Colemar Natal e Silva, localizados no Setor Leste Universitário, em Goiânia, conforme Figuras 02 (a e b), Figuras 03 (a e b).



(a)

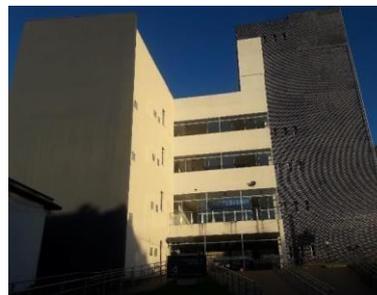


(b)

Figura 2 – Centro de aulas D, UFG (Fevereiro/2019) – (a) Localização; (b) Foto fachada principal. Fonte: Os autores.



(a)

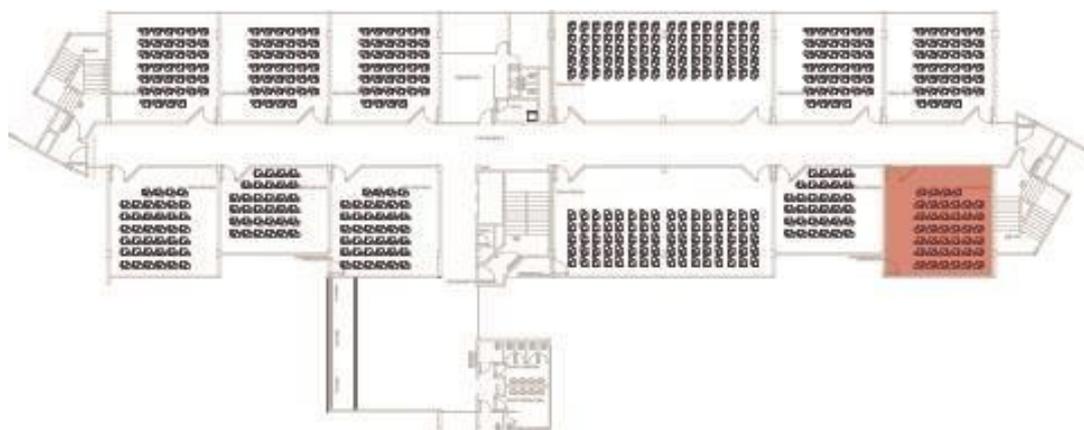


(b)

Figura 3 – Centro de aulas E, UFG (Fevereiro/2019) – (a) Localização; (b) Foto fachada principal. Fonte: Os autores.

O Centro de Aulas D (CAD) é usado por diversos cursos de graduação e pós-graduação nos três turnos (diurno, vespertino e noturno), possuindo um grande fluxo de estudantes e professores diariamente. O edifício conta com cinco pavimentos, sendo do primeiro ao quarto o pavimento tipo, abrigando doze salas de aulas em cada. O quinto pavimento é composto por auditório e área restrita a funcionários. O andar do pavimento tipo é composto por um hall de entrada e acesso para elevadores, três opções de escada que dão acesso para o corredor central, onde se encontram as entradas das salas de aula.

Para a escolha da sala de aula analisada, considerou-se aquela que possui a orientação mais desfavorável em relação ao sol, ou seja, a composta pelas fachadas oeste e norte. Dessa forma, no Centro de aulas D, a sala escolhida foi a 408, localizada no quarto pavimento da edificação e na fachada oeste e norte, como mostra na Figura 04.

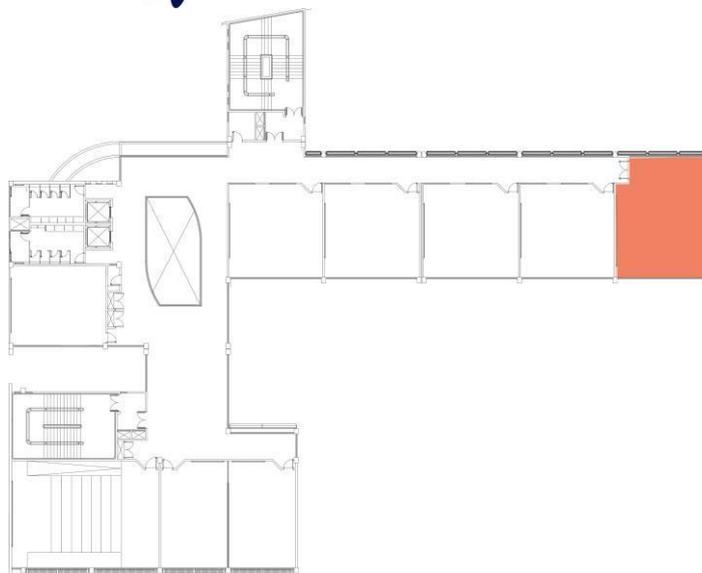


**Figura 04 – Planta baixa pavimento tipo CAD, sala 408 marcada em vermelho. Fonte: SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura da UFG**

A técnica construtiva utilizada no edifício foi bloco cerâmico com argamassa interna e externa, além da pintura nas paredes externas com tinta acrílica fosca. A cobertura é composta por telha metálica sanduíche e laje impermeabilizada.

O edifício Centro de aulas E (CAE) tem objetivo e funcionamento semelhante anterior, além de abrigar salas de apoio para professores, salas dos centros acadêmicos, e salas de estudos. Ele é composto por quatro pavimentos. No térreo encontra-se um pátio central com pé direito que se abre até a cobertura com telhas translúcidas. O pavimento tipo é reproduzido do primeiro ao terceiro andar, contando com: cinco salas de aula e uma sala de informática. As portas das salas de aula se destinam a um corredor de circulação comum. Este possui uma vedação semiaberta e conta com brises horizontais.

Neste edifício, a sala escolhida para análise foi a 305, no terceiro andar, por se localizar entre as fachadas norte e oeste, conforme Figura 05.



**Figura 05 – Planta baixa pavimento tipo CAE, sala 305 marcada em vermelho. Fonte: SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura da UFG**

O edifício adotou a construção convencional de estrutura em concreto armado e alvenarias de bloco cerâmico envolto por argamassa de cimento. Quanto à cobertura, esta foi de dois tipos: (1) laje impermeabilizada de concreto (laje de concreto e manta asfáltica); e (2) telha sanduíche (telha de alumínio, EPS, telha de alumínio, camada de ar e laje de concreto).

### **3.3 Procedimento de coleta de dados de campo**

Para a coleta de dados de campo, foram medidas as condições de temperatura e umidade por meio do equipamento *datalogger*, modelo ICEL HT-4000, pertencentes ao Laboratório de Estudos do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás. Os aparelhos registram e armazenam valores de temperatura com limites entre - 40°C e 70°C, e umidade relativa do ar entre 0% e 100%. Em cada sala foi instalado um equipamento deste. O intervalo de coleta de dados foi de 10mi em 10 min. A campanha de coleta ocorreu durante três dias seguidos na primeira semana de cada mês, durante os meses de fevereiro e julho de 2019.

### **3.4 Análise de conforto térmico**

Para a análise de conforto térmico adotou-se o procedimento da NBR 15575 (ABNT, 2013) via medições “*in loco*”. Embora esta norma tenha sido desenvolvida para edifícios habitacionais, considerou-a para esta análise inicial devido a inexistência de outra normativa para avaliação do nível de desempenho térmico em edificações escolares, que

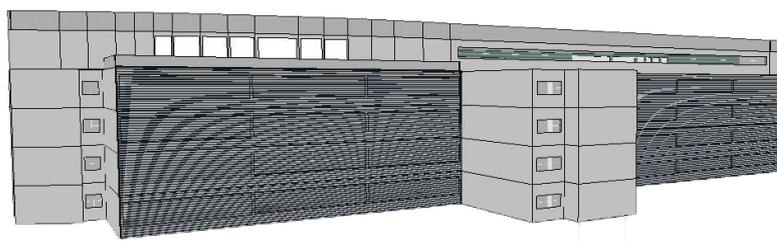
possui ambientes de longa permanência como habitacionais.

Segundo a NBR 15.575, uma edificação pode ter seu desempenho térmico considerado aceitável quando os ambientes de permanência prolongada, como salas, possuem condições térmicas no interior melhores ou iguais ao ambiente externo, durante o verão. Já no inverno, a temperatura do ar interno deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.

A avaliação considerou tanto os dados de campo quanto a simulação computacional. Através da simulação computacional foi possível verificar, tanto na fase de projeto quanto na de construção, alternativas que tornem possível proporcionar maior eficiência para a edificação e oferecer resultados por meio de métodos e tecnologias competentes. A modelagem e simulação computacional possibilitam vantagens em relação aos métodos analíticos, visto que é possível a consideração de um maior número de fatores em uma menor fração de tempo (GONÇALVES, 2015).

Nessa pesquisa foi utilizado o programa *Design Builder*, que permite a modelagem tridimensional para simulação do consumo de energia, iluminação, equipamentos e sistemas de climatização; calcula o desempenho térmico de paredes, pisos e vedações internas da edificação, assim como o cálculo da ventilação e temperaturas do ar interno e externo.

Outro fator preponderante para a escolha do programa é o fato deste utilizar a mesma base de dados algoritmos do *Energy Plus*, programa desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), voltado para a simulação e análise de desempenho da carga térmica e eficiência energética de edificações e seus sistemas. A vantagem do *Design Builder* em relação ao *Energy Plus* é que este oferece uma interface mais acessível e corrige limitações, possibilitando modelagem tridimensional para a reprodução da geometria das envoltórias (Figura 06 e 07). Para essa pesquisa é utilizada a versão 6.1.0.006 do programa, revisada em 2019.



**Figura 06 – Detalhe da modelagem da envoltória do centro de aulas D no software Design Builder.  
Fonte: Software Design Builder. Os autores.**

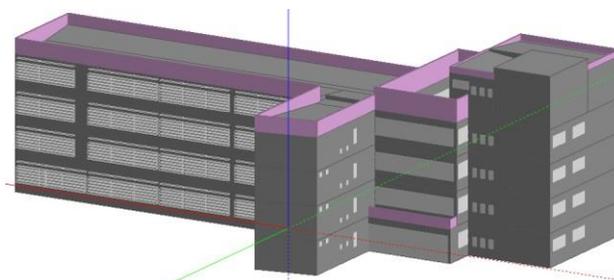


Figura 07 – Detalhe da modelagem da envoltória do centro de aulas E no software Design Builder.  
Fonte: Software Design Builder. Os autores.

### 1.2 Detalhamento do *brise-soleil*

Os brise-soleils, por atuarem como protetores solares externos, são considerados mais eficientes visto que barram o calor antes que ele alcance o ambiente, causando a redução das cargas térmicas, além de potencializar a distribuição da iluminação e ventilação, o que diminui o consumo energético.

No Centro de Aulas D, o brise-soleil funciona como uma unidade, cobrindo toda a fachada oeste e sendo formado por elementos horizontais em repetição que cobrem não só aberturas, mas também as paredes da edificação, exercendo sombreamento em ambas. Os elementos são imóveis e se distanciam do edifício, proporcionando uma camada de ar entre eles. No Centro de Aulas E, o brise-soleil ocupa apenas as áreas das aberturas, sendo formado por elementos horizontais. Os elementos são móveis e possuem maior proximidade com a edificação.

Para a simulação computacional foram avaliadas duas combinações, sendo elas compostas pela existência ou não do brise-soleil horizontal, todas com a mesma orientação solar na fachada oeste. Após a determinação de suas características originais, esse elemento foi modelado no programa *Design Builder* e inserido na fachada do modelo no qual foi considerado.

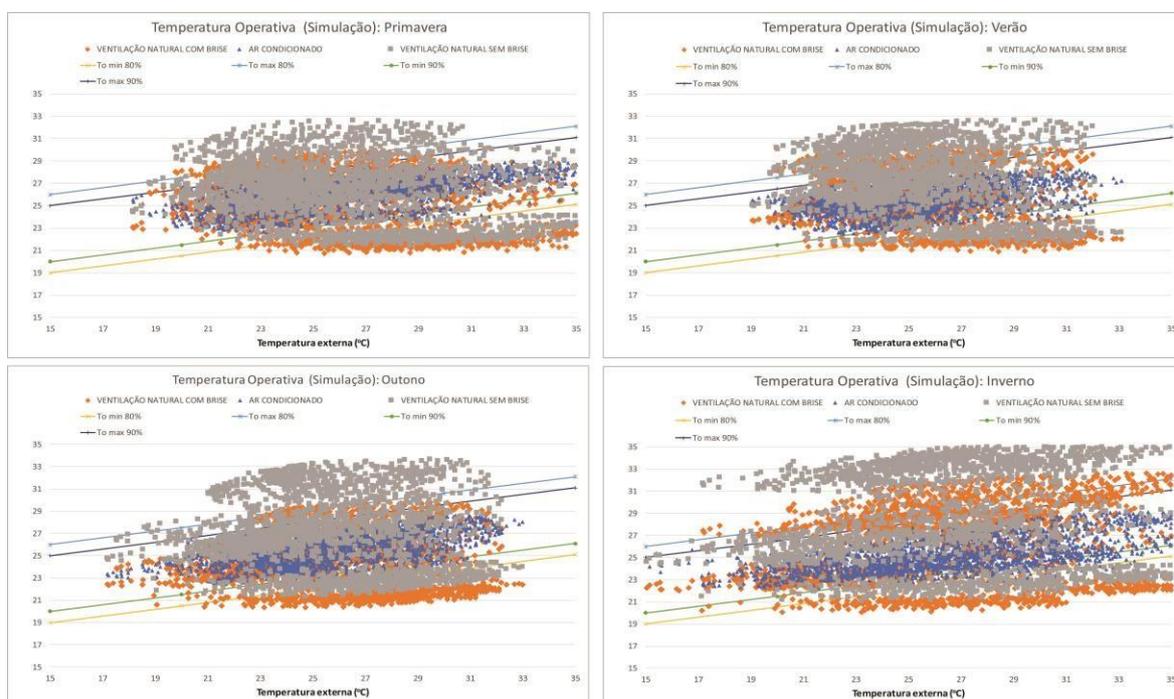
## 4 Resultados

Através da modelagem tridimensional da geometria das edificações, e calibração do *software* para as características da área estudada, obteve-se os dados do desempenho do Centro de aulas D e E no decorrer de um ano. Com isso, determinou-se a quantidade de horas em que o ambiente térmico da sala 408 (CAD) e sala 305 (CAE) se encontrava dentro da zona de conforto, que neste trabalho foi adotada como estando entre (23°C e 26°C).

O modelo foi fragmentado em três especificidades: um sendo caracterizado pela presença do condicionador de ar, outro pela ventilação natural com a existência do brise-

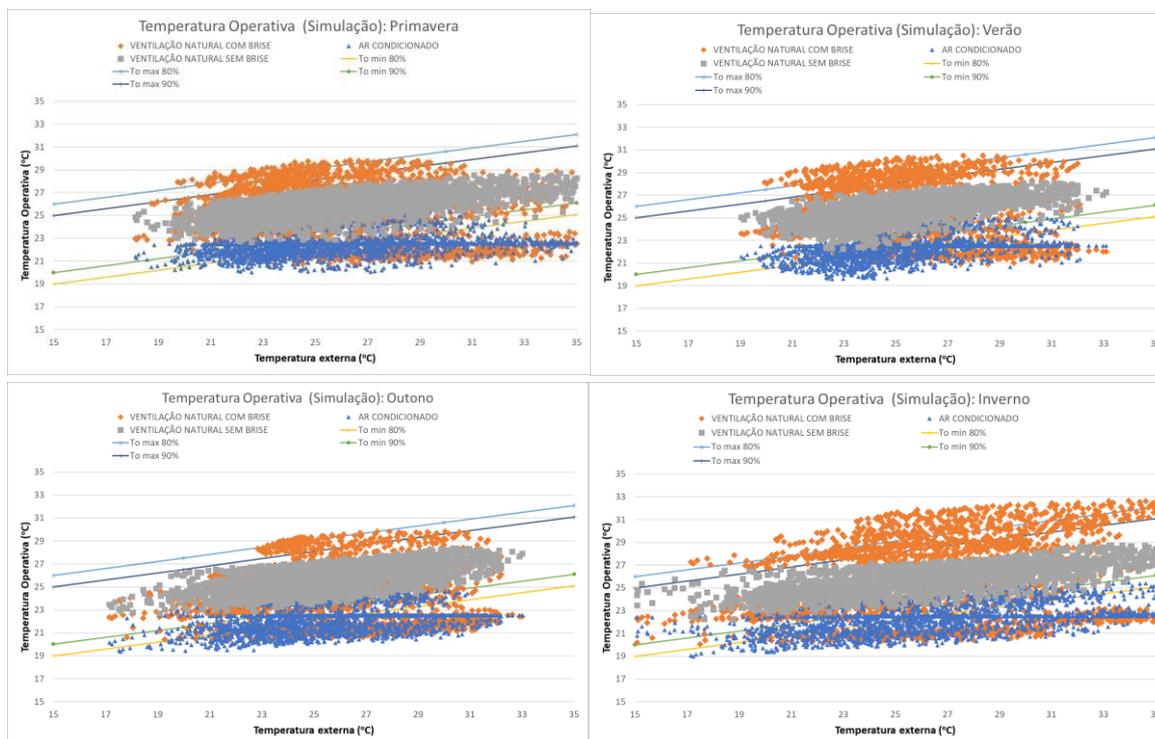
soleil e por último sendo composto apenas pela ventilação natural. Desta forma, foi possível visualizar o desempenho térmico das edificações como um todo, atuação do condicionador de ar e comportamento dos elementos de brise-soleil separadamente.

Nas Figuras 08 a 11 é apresentado o resultado dessa análise, comparando os resultados, nota-se que, com o condicionador de ar, a sala 408 permanece nos limites da zona de conforto (intervalo de 23 a 26 °C) mas os modelos de ventilação natural não apresentam desempenho tão satisfatório.



**Figuras 08 a 11 – Simulação de temperatura operativa nas estações do ano (08- verão; 09- outono; 10- inverno; 11- primavera. Fonte: Os autores.**

Já nas Figuras 12 a 15 é apresentado o resultado da sala 305 no Centro de aulas E, comparando os resultados, nota-se que, assim como no Centro de aulas D, a edificação se localiza na zona confortável (intervalo de 23 a 26 °C) apenas com a presença de condicionador de ar. Porém o desempenho da ventilação natural com a presença do brise se mostra mais satisfatório que no centro de aulas D. Assim o brise cumpre melhor sua função e o modelo adotado possui melhor performance.



**Figuras 12 a 15 – Simulação de temperatura operativa nas estações do ano (12- verão; 13- outono; 14- inverno; 15- primavera. Fonte: Os autores.**

Através da análise dos gráficos, é possível observar que ambos os modelos de ventilação natural se excedem da zona de conforto (intervalo de 23 a 26 °C). Porém o modelo que possui a proteção de brise-soleil tem a temperatura reduzida consideravelmente devido ao aparato, não alcançando níveis tão altos quanto a ventilação natural sem brise-soleil durante todas as estações do ano.

Desta forma, segundo a norma vigente NBR 15575-1 (ABNT, 2013), conclui-se que o sistema atualmente utilizado nos projetos de edificações escolares para nível superior não é recomendado em termos do desempenho térmico, o que irá refletir nas questões de consumo de energia para a climatização do ambiente.

Para que se obtenha uma calibração do aparelho e tenha um parâmetro de dados, realizou-se a medição da temperatura em °C da sala 408 do Centro de Aulas D e sala 305 do centro de aulas E, com o auxílio do Datalogger, um coletor e registrador eletrônico de dados termostático de um ambiente. Assim, foi possível observar a comparação entre as medições de temperatura geradas pelo aparelho com os valores fornecidos pelo INMET (Instituto nacional de meteorologia) e as medições de temperatura obtidas pela simulação através do software Design Builder. Os valores se encontram próximos, logo a performance da simulação

é certificada.

Desta forma, segundo a norma vigente, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), conclui-se que o sistema atualmente utilizado nos projetos de edificações escolares para nível superior não é recomendado em termos do desempenho térmico, o que irá refletir nas questões de consumo de energia para a climatização do ambiente.

Para que se obtenha uma calibração do aparelho e tenha um parâmetro de dados, realizou-se a medição da temperatura em °C da sala 408 do Centro de Aulas D e sala 305 do centro de aulas E, com o auxílio do Datalogger, um coletor e registrador eletrônico de dados termostático de um ambiente. Assim, foi possível observar a comparação entre as medições de temperatura geradas pelo aparelho com os valores fornecidos pelo INMET (Instituto nacional de meteorologia) e as medições de temperatura obtidas pela simulação através do software Design Builder. Os valores se encontram próximos, logo a performance da simulação é certificada.

## 5 Considerações finais

O presente trabalho expôs os resultados obtidos tendo como base uma simulação computacional, o que tornou possível perceber as condições de conforto térmico obtidos e se classificam como satisfatórios ou não para o Centro de aulas D e o Centro de Aulas E, da Universidade Federal de Goiás.

Em resumo, observou-se que as edificações, para se classificarem como confortáveis termicamente, necessitam do uso constante de condicionador de ar, o que acarreta um consumo considerável de energia. Por outro lado, viu-se a importância que a proteção solar de brise-soleil possui para os edifícios, contribuindo com sombreamento e reduzindo parte da radiação solar que chegaria nas salas de aula.

Sendo assim, a principal contribuição deste trabalho é mostrar que é possível alcançar melhorias em questões relacionadas ao conforto térmico. Os resultados aqui apresentados poderão ser usados para a otimização de projeto de edifícios atualmente desenvolvidos pela Universidade Federal de Goiás, buscando o atendimento das normas técnicas e consequente melhoria do desempenho termoenergético, visando a economia de recursos ambientais e financeiros.

## 6. Referências

- ASHRAE. *Heating ventilation, and Air-conditioning Application SI edition*. S.I. 2007.  
ABNT NBR 15575-1:2013, Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1:  
VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNISUL – Palhoça – 12 a 14 de maio de 2020

#### Requisitos gerais

ABREU-HARBICH, L.V.; CHAVES, V. L.; BRANDSTETTER, M.C. G. O. Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate. *Building and Environment*. 135 (2018) 257–268

BECKER, R.; GOLDBERG, I.; PACIUK, M. Improving Energy Performance of School Buildings While Ensuring Indoor Air Quality Ventilation. *Building and Environment*, Lausanne, v. 42, n. 9, p. 3261-3276, 2007.

COSTA, H.C.; MARCUZZO, F.F.N.; FERREIRA, O.M.; ANDRADE, L.R.

Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, n. 1, p. 87- 100, 2012.

FANGER, P. (1970). *Thermal comfort: analysis and application in engineering*. New York: McGraw Hill.

FERNANDES, A. M. C. P. *Clima, Homem e Arquitetura*. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006.

GIVONI, B. (1969). *Man, climate and architecture*. New York: John Wiley & Sons.

GONÇALVES et al. *Ambiente construído, clima urbano, utilização racional de energia nos edifícios da cidade de Lisboa*. Lisboa, INETI, 2004.

HERNANDEZ, A. Fundamentos da simulação energética de edificações In GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (org.) *Edifício ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 10. p.285-295.

LAMBERTS, R; XAVIER, A. *Apostila de Conforto Térmico e Stress Térmico*. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MONTEIRO, L. M. *Modelo adaptativo de temperatura operativa neutra para avaliação de espaços semi confinados*. FAU-USP, São Paulo, 2008.

OCHOA, J. H. *Análise do Conforto Ambiental em Salas de Aula da Universidade Federal de Goiás*. 247f. Goiânia, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Geotecnia e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciên. Biol. e da Saúde*, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2001. Disponível em:

<<http://sites.unifra.br/Portals/36/CSAUDE/2001/influencia.pdf>>. Acesso em: 4 mai. 2019.

PAULSE, Pablo. *Análise do desempenho termoenergético de escolas públicas segundo aplicação do RTQ-C para envoltória*. Dissertação. Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade. Goiânia: FAV/UFG, 2016.

SILVA, N. R. *Avaliação do conforto térmico*. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Santa Cecília, Santos. Disponível em: <<http://www.ergopro.com.br/downloads/monografia.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2019.