

ASPECTOS DO CONFORTO TÉRMICO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: Avaliação do Bloco Pedagógico CJA – UFSB

ASPECTS OF THERMAL COMFORT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS:
Evaluation of the CJA Pedagogical Building – UFSB

Marcos Vinicius dos Santos Gomes¹

<https://orcid.org/0000-0001-6032-2974>

Calline Chaves de Jesus²

Silvia Kimo Costa³

<https://orcid.org/0000-0002-2191-3365>

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa que objetivou avaliar o conforto térmico dos ambientes do Bloco Pedagógico do Campus Jorge Amado (CJA – Ilhéus/Itabuna, BA) da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB). A metodologia contemplou duas etapas: 1 análise da arquitetura da edificação considerando aspectos bioclimáticos e 2 avaliação das temperaturas internas dos ambientes. A coleta dos dados ocorreu durante os meses de fevereiro-março (verão) e junho-julho (inverno) de 2023. A arquitetura da edificação foi analisada com base num conjunto de diretrizes e indicadores de sustentabilidade ambiental do espaço construído e o conforto térmico foi analisado conforme parâmetros da NBR 15.575-1/2013, NBR 15.575-4/2013 e NBR 15.220-3/2005. Os resultados mostraram que as diretrizes utilizadas durante a etapa de projeto da edificação, que possibilitam conforto térmico com menor dispêndio de energia, foram implementadas, porém as temperaturas mensuradas durante o verão indicam a necessidade de climatização por sistema domótico (ventiladores e condicionadores de ar). No verão, as temperaturas variaram entre 29 e 33°C em salas de aula voltadas para o poente e entre 28 e 30°C em salas de aula voltadas para o nascente. No inverno as temperaturas variaram entre 25,3 e 27°C tanto nas salas voltadas para o poente quanto a nascente. Os laboratórios que recebem maior incidência solar apresentaram temperaturas no verão, variando entre 28 e 30°C. No inverno, tais ambientes apresentaram temperaturas entre 25 e 27°C. Orienta-se que a climatização seja utilizada apenas nos meses do verão e no período vespertino.

Palavras-chave: Conforto térmico. Arquitetura bioclimática. Sistema domótico.

ABSTRACT

¹ Especializado em Gestão e Avaliação das Construções (UFMG/MG). Graduado em Engenharia Civil (PITÁGORAS). Pós-Graduando em Engenharia Ambiental Urbana (UFSB – CFTCI/ BA), Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: marcosgomes.mvg@gmail.com.

² Bacharel em Ciências (UFSB/BA). Graduanda em Engenharia Florestal (UFSB – CFCAf/ BA). Bolsista de Iniciação Científica UFSB. Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: calline13@gmail.com.

³ Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UESC/BA). Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UESC/BA). Arquiteta e Urbanista (UFV/MG). Professora Adjunto do Centro de Formação em Políticas Públicas e Tecnologias Sociais/ Professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Biosistemas/ UFSB. Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: skcosta@ufsb.edu.br

This article presents the results of research that aimed to evaluate the thermal comfort of the environments of the Pedagogical Building of the Jorge Amado Campus (CJA – Ilhéus/Itabuna, BA) of the Federal University of Southern Bahia (UFSB). The methodology included two stages: 1 analysis of the building's architecture considering bioclimatic aspects and 2 evaluation of the internal temperatures of the environments. Data collection took place during the months of February-March (summer) and June-July (winter) 2023. The architecture of the building was analyzed based on a set of guidelines and indicators of environmental sustainability of the built space and thermal comfort was analyzed according to parameters of NBR 15.575-1/2013, NBR 15.575-4/2013 and NBR 15.220-3/2005. The results showed that the guidelines used during the building design stage, which enable thermal comfort with less energy expenditure, were implemented, however the temperatures measured during the summer indicate the need for air conditioning using and ceiling fans. In summer, temperatures varied between 29 and 33°C in classrooms facing west and between 28 and 30°C in classrooms facing east. In winter, temperatures varied between 25.3 and 27°C in both the rooms facing west and east. The laboratories that receive greater solar incidence had summer temperatures varying between 28 and 30°C. In winter, these environments had temperatures between 25 and 27°C. It is recommended that the air conditioning be used only in the summer months and in the afternoon.

Keywords: Thermal comfort. Bioclimatic architecture. Home automation system.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação do conforto ambiental impacta em todas as fases do processo de produção do ambiente construído, desde a concepção do projeto, execução, uso e ocupação, ao final da vida útil da edificação (Dallastra *et al.*, 2018; Villa; Ornstein, 2013; Gonçalves; Bode, 2015). No que tange às Instituições de Ensino, a avaliação possibilita identificar problemas e realizar diagnósticos, contribuindo para a gestão da manutenção e subsídio de diretrizes para intervenção espacial (Silva; Castro, 2017; Visentin; Cardoso; Benincá, 2017; Abate; Kowaltowski; Bernardi, 2014).

De acordo com Horongoso e Bogo (2018), inúmeras técnicas vêm sendo utilizadas para avaliar edifícios educacionais, comerciais, conjuntos habitacionais, clínicas hospitalares etc. Dentre os aspectos mensurados destacam-se: características bioclimáticas, consideradas na concepção do projeto e implantação das edificações; materiais e seus respectivos desempenhos; atendimento de variáveis sociais e qualidade de vida do usuário.

Considerando o exposto, este artigo apresenta os resultados da pesquisa que objetivou avaliar o conforto térmico dos ambientes (salas de aula e laboratórios de ensino) da edificação que abriga o Bloco Pedagógico do Campus Jorge Amado (CJA)

da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), localizado em Ilhéus/Itabuna, BA – Costa do Cacau.

A edificação foi projetada segundo diretrizes de sustentabilidade arquitetônica objetivando conforto ambiental com menor dispêndio de energia (Costa, 2018), uma vez que as temperaturas médias anuais na região da Costa do Cacau, no referido período, variam entre 25 e 29°C. Durante o inverno as temperaturas médias anuais variam entre 20 e 26°C (*Climate-Data.Org online 2022*).

De início, parte-se do que se entende por conforto higrotérmico. De acordo com Magalhães (2019, p. 21):

O comportamento higrotérmico ou termo higrométrico, resulta da análise holística da térmica, higrometria e ventilação, considerando todas as variáveis e características intrínsecas a cada um destes conceitos. (...) Os mecanismos de transferência de calor e umidade através da envolvente dos edifícios afetam a higrometria, provocando o aumento ou diminuição da pressão de vapor de água a que se encontra submetida a sua envolvente.

Dessa forma, “o clima interior dos edifícios e as condições climáticas exteriores determinam esses gradientes de pressão e condicionam o fluxo de difusão de vapor através dos elementos que compõem a envolvente” (Magalhães, 2019, p. 21). Tais características subjacentes ao comportamento higrotérmico, podem afetar diretamente a saúde, o conforto e a produtividade dos usuários, assim como a eficiência energética da edificação.

Segundo Reis (2014, p. 22), “confortável é o ambiente cujas condições permitam a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de serem acionados mecanismos termorreguladores, ou seja, é necessário que o organismo humano se encontre em balanço térmico com o meio ambiente”.

Para avaliar o desempenho térmico de uma edificação é necessário considerar seu comportamento térmico e compará-lo com critérios de referência baseados nas necessidades dos usuários e nas condições climáticas a que a edificação está sujeita (Castro, 2019). Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), o desempenho térmico de uma edificação diz respeito à reação física desta às intervenções do meio externo e interno, comparada com parâmetros pré-definidos.

No Brasil, são as NBR 15.220 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2013) que estabelecem os parâmetros de desempenho térmico de edificações. Segundo Castro (2019, p. 26):

A primeira trata das características térmicas dos materiais que compõem os elementos construtivos, como paredes e coberturas, e traz recomendações projetuais para cada zona bioclimática definida para o país, como área e sombreamento de aberturas, e estratégias passivas de condicionamento. Já a segunda trata a avaliação de desempenho de edificações de modo mais abrangente, definindo outros critérios, além do térmico, como: o lumínico, o acústico, o estrutural, dentre outros.

Embora ambas estejam relacionadas a edificações habitacionais, a análise de estratégias bioclimáticas adotadas durante o processo projetivo, como a ventilação cruzada, por exemplo, e a comparação entre a temperatura interna e externa do ambiente construído, são parâmetros que vêm sendo usados para avaliar o desempenho térmico de diversas edificações de Instituições de ensino. Dentre os estudos em âmbito nacional e internacional publicados entre 2014 e 2022, destacam-se:

Ruano *et al.* (2022) analisaram a arquitetura do Colégio Internacional Brains em Madri, Espanha, projetado para viabilizar o aquecimento (no inverno) e o resfriamento (no verão) dos ambientes com menor dispêndio de energia. Os autores destacaram que o projeto se pautou no uso de estratégias bioclimáticas passivas considerando o clima local e na instalação de sistemas para geração de energia renovável.

Díaz-Calderón, Castillo e Huelsz (2021) consideraram a ventilação natural cruzada como estratégia bioclimática para promover conforto higrotérmico e qualidade do ar interna de ambientes escolares mexicanos. Os autores destacaram a importância da renovação do ar em salas de aula em função da Pandemia da COVID 19 e estipularam novos parâmetros considerando o fluxo e renovação do ar por hora.

Balbis-Morejón *et al.* (2020) avaliaram o desempenho higrotérmico em salas de aula, equipadas com sistema de ar-condicionado tipo minisplit, de uma edificação universitária localizada em região de clima tropical. Os autores registraram a temperatura e umidade, dentro e fora das salas de aula selecionadas, para verificar a moderação do microclima sem maior dispêndio de energia.

Barbosa, Freitas e Almeida (2020) estudaram o modelo escolar português Brandão (da década de 1970), que compreende cerca de 100 escolas básicas não reformadas. Os autores sugeriram a reforma das escolas considerando a ventilação cruzada como uma das estratégias bioclimáticas. Uma sala de aula protótipo foi construída numa das escolas onde mensurou-se temperatura, umidade relativa, concentração de CO₂ e consumo de energia.

Boutet, Hernández e Jacobo (2020) realizaram um diagnóstico comparativo entre 8 escolas na Argentina considerando a incidência de luz e o índice de calor. Os autores introduziram um novo indicador dimensional e termofísico por orientação denominada “fator de esmalte” (*glaze factor* gF), assim como combinaram índices higrotérmicos aos de iluminação de acordo com a zona de conforto regional.

Campano-Laborda *et al.* (2020) avaliaram a percepção ambiental de estudantes quanto ao conforto higrotérmico de 47 salas de aula naturalmente ventiladas em escolas do sul da Europa. Os autores diagnosticaram o impacto na saúde ocasionado pela falta de sistemas adequados de ventilação e para renovação do ar.

Montoya e Herrera (2019) compararam o conforto térmico em salas de aulas ventiladas de escolas de Cali, Colômbia. Os autores utilizaram o PMV sob o modelo teórico e o PMV por simulação, a fim de determinar pontos fracos e fortes.

Freitas, Oliveira e Lima (2019) analisaram as condições de conforto térmico propiciadas no Prédio 12 do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), localizado na cidade de Belo Horizonte, MG. A metodologia contemplou a simulação computacional estabelecida no Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), permitindo, dessa forma, quantificar as horas em conforto e desconforto térmico dos ambientes naturalmente ventilados.

Trebilcock, Piderit e Muñoz (2018) avaliaram o comportamento térmico de 5 protótipos de salas de aulas no Chile, projetadas com base no Guia de Eficiência Energética para Estabelecimentos Educacionais. O estudo evidenciou o nível de conforto térmico das salas de aula no contexto climático atual. Além disso, foram realizadas avaliações comparativas da vulnerabilidade de tais espaços em cenários climáticos futuros: 2020, 2050 e 2080.

Rosales-Villa, Balbis-Morejon e Fontalvo-Lascano (2018) avaliaram o conforto higrotérmico de salas de aula utilizadas por cursos de Pós-Graduação na cidade de Barranquilla, Colômbia, objetivando propor a redução do uso de condicionadores de ar e do consumo de energia. Os autores utilizaram a ASHRAE 55 como norma para analisar edificações existentes e projetar sistemas de climatização e parâmetros em novas edificações.

Almeida *et al.* (2017) analisaram as condições ambientais internas em 8 escolas, na região Sul da Europa, no intuito de verificar o potencial para uso de estratégias de ventilação natural. Foram mensuradas 32 salas de aula quanto à temperatura, umidade relativa e concentração de CO₂.

Beltrán e Castillo (2015) propuseram uma metodologia para análise do conforto térmico de edificações escolares em Guayaquil, Equador, considerando a ventilação natural cruzada como estratégia efetiva para reduzir o consumo de energia sem comprometer o conforto higrotérmico dos usuários.

Bortoli e Caldera (2014) analisaram qualitativamente o conforto térmico em edificações escolares da rede municipal de ensino do Município de São Miguel do Oeste, SC, por meio da realização de estudos de casos específicos em duas escolas da rede pública, observando a relação entre a concepção arquitetônica, no que se refere à envoltória, com vistas à qualidade térmica e à promoção de eficiência energética no ambiente escolar.

A pesquisa que subsidiou o presente artigo, considerou, para análise da arquitetura da edificação, diretrizes e indicadores de sustentabilidade arquitetônica propostas por Farias, Costa e Gomes (2019). Para mensurar o desempenho térmico dos ambientes utilizou-se NBR 15.575-1/2013, NBR 15.575-4/2013 e NBR 15.220-3/2005 como referências.

Dessa forma, a temperatura interna e externa dos ambientes foi mensurada e comparada; o fluxo do ar pela edificação foi observado e o tamanho e posicionamento das aberturas (portas e janelas) foram analisados, a fim de verificar a existência de ventilação natural cruzada. Levou-se em consideração a umidade relativa do ar e a sensação térmica. A mensuração ocorreu em dias típicos de verão e de inverno, uma vez que, conforme a NBR 15.220-3/ 2005, a região da Costa do Cacaú está situada na Zona Bioclimática 8 (ZB 8).

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização do objeto de estudo

O Campus Jorge Amado (CJA) da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), localiza-se em terreno cedido pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), no município de Ilhéus BA, a 22km do centro urbano (figura 1).

Figura 1. Localização do Campus Jorge Amado da Universidade Federal do Sul da Bahia em relação ao centro urbano de Ilhéus, BA



Fonte: Elaborado pelos autores com base no *Google Earth* (2022)

Ilhéus situa-se no Litoral Sul da Bahia, também conhecido como Costa do Cacau. Segundo a NBR 15.220-3/ 2005, a região está inserida na Zona Bioclimática 8 (ZB8) e apresenta clima Litoral Úmido, caracterizado por microclima quente, úmido e sub-úmido, com temperaturas médias anuais variando entre 20° e 29°C. As chuvas são regulares ao longo do ano e a precipitação varia entre 100 e 240mm (*Climate-Data.Org online* 2022).

A área de implantação do CJA-UFSB equivale a 64.500m² e compreende: guarita de entrada do campus; vias locais de acesso para veículos; vias de acesso para pedestres e ciclovias; estacionamento; bicicletário; vestiário externo; jardins, bosques e praças; edificação administrativa (Bloco de Gestão Acadêmica e Vivência) e edificação pedagógica (Bloco Pedagógico).

O Bloco Pedagógico, objeto de estudo, possui cerca de 6.000m² e três pavimentos com fundação para mais dois. A edificação contempla 23 salas de aula, um miniauditório e 7 laboratórios de ensino multidisciplinares. O programa de necessidades atende o 1º Ciclo de Formação (Bacharelados e Licenciaturas

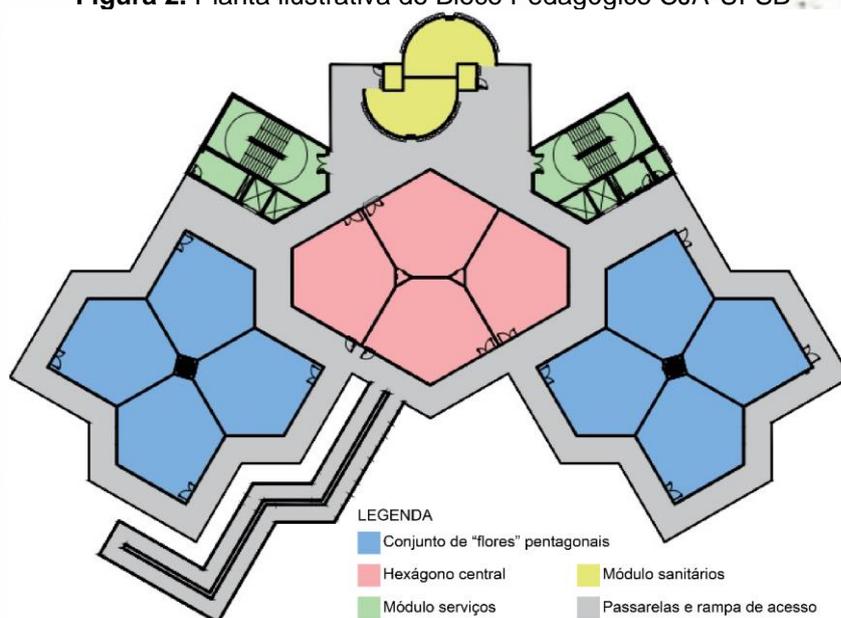
Interdisciplinares) em Ciências, Humanidades e Artes e o 2º Ciclo de Formação profissional em duas áreas: Engenharias (Engenharia Ambiental da Sustentabilidade; Engenharia de Transportes; Engenharia Sanitária; Engenharia Florestal; Engenharia Agrícola e Ambiental e Engenharia de Aquicultura) e Ciências Sociais (Bacharelado em Políticas Públicas; Bacharelado em Mídia e Tecnologia e Bacharelado em Produção Cultural).

A edificação foi projetada e construída considerando modulação pentagonal (figura 2). Cada pavimento possui 12 pentágonos de 76m² cada, organizados em um hexágono central (junção de 4 pentágonos) e duas “flores” laterais (de quatro “pétalas” pentagonais). O hexágono central e as “flores” são interligadas por passarelas e rampas de acesso. Na extremidade do conjunto há dois módulos (de serviços) retangulares que abrigam elevadores, salas de máquinas e escada de emergência. E entre esses dois módulos há um elemento arredondado onde se encontram os banheiros.

Com exceção do miniauditório, localizado no pavimento térreo, todos os demais ambientes apresentam aberturas (portas e janelas) voltadas para o exterior da edificação, que é circundada pela vegetação existente no local (figura 3).

Cada sala de aula comporta até 50 estudantes e cada laboratório até 30 estudantes.

Figura 2. Planta ilustrativa do Bloco Pedagógico CJA-UFSB.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Sem escala.

Figura 3. Vista do Bloco Pedagógico CJA-UFSB a partir da rampa de acesso aos pavimentos



Fonte: Acervo pessoal de um dos autores (2023)

A edificação foi construída com fundação, superestrutura (pilares e vigas) e laje nervurada (cubetas) em concreto. Os elementos de vedação (paredes) externas são em placas cimentícias e os internos em gesso acartonado, ambos com isolamento acústico. Tais elementos não se encontram vinculados à estrutura de sustentação e podem ser desmontados quando necessário.

O piso das salas de aula, laboratórios de ensino, passarelas e rampas são de alta resistência na cor cinza claro, com junta plástica de dilatação. Já o piso dos sanitários é cerâmico na cor branca. As paredes externas apresentam coloração em degradê de amarelo e as paredes internas são na cor branco gelo. As paredes dos laboratórios e sanitários são revestidas com cerâmica na cor branca. As esquadrias (portas e janelas) das salas de aula, laboratórios de ensino e demais ambientes são de alumínio anodizado na cor bronze, com vidro temperado na cor natural variando entre 8 e 10mm de espessura. Os guarda-corpos das áreas de circulação e rampa de acesso são em aço inoxidável.

Além disso, shafts no centro das “flores” de “pétalas” pentagonais e entre os pentágonos que formam o hexágono central, abrigam tubulações mais robustas, incluindo as coletoras de águas pluviais. A cobertura da edificação é estruturada com

pilares e vigas metálicas, coberta com telhas metálicas e placas fotovoltaicas (figura 4).

Figura 4. Vista da cobertura do Bloco Pedagógico CJA-UFSB



Fonte: DINFRA UFSB (2021)

2.2 Etapas da pesquisa

2.2.1 Análise da arquitetura da edificação

Utilizou-se a matriz de diretrizes (D) e indicadores (I) elaborada por Farias, Costa e Gomes (2019) que considera: D1 Geobioclimática (GB) – refere-se às características bioclimáticas do local de implantação da edificação. D2 Energia Solar (ES) – refere-se à possibilidade de captação de energia solar. D3 Iluminação Artificial (IA) – refere-se aos mecanismos que podem ser utilizados para redução do consumo de energia. D4 Carga Térmica (CT) – refere-se aos materiais e elementos construtivos que podem ser utilizados para moderar o microclima dos ambientes. D5 Sistemas Construtivos (SC) – refere-se aos sistemas estruturais e de vedação que podem ser utilizados, contemplando menor geração de resíduos e redução do consumo de água durante o processo construtivo. D6 Uso da água (UA) – refere-se às estratégias para redução do consumo, captação e reaproveitamento da água. D7 Acessibilidade (A) – refere-se ao atendimento dos parâmetros de acessibilidade especificados pela NBR9050 (ABNT, 2020).

2.2.3 Avaliação do conforto térmico das salas de aula e laboratórios da edificação

A coleta dos dados ocorreu durante os meses de fevereiro-março (verão) e junho-julho de 2023 (inverno). As medições foram realizadas com auxílio de um termohigrômetro modelo K29-5070H, cuja precisão é de $\pm 1^\circ\text{C}$. O procedimento consistiu na medição das temperaturas instantâneas e máximas no centro dos ambientes, a 1,20m do piso conforme orienta a NBR 15.575-1/ 2013. Assim como, na medição das temperaturas externas, máximas e instantâneas, com auxílio do cabo estendido até a janela de cada ambiente. Os resultados foram comparados aos parâmetros constantes na NBR 15.575-1/ 2013, NBR 15.575-4/ 2013 e NBR 15.220-3/ 2005.

Os ambientes foram visitados sem a presença de estudantes, servidoras/es docentes e servidoras/es Técnicas/os Administrativas/os da Instituição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do projeto de arquitetura em relação ao ambiente construído

Durante a análise tanto do projeto de arquitetura quanto do ambiente construído, verificou-se o atendimento de cerca de 90% dos indicadores propostos por Farias, Costa e Gomes (2019) (quadro 1):

Quadro 1. Diretrizes e indicadores considerados durante a elaboração do projeto arquitetônico da edificação e verificados no ambiente construído

Diretrizes	Indicadores	Sim	Não
D1 – GEOBIOCLIMÁTICA (DGB)	IGB1 análise da topografia	X	
	IGB2 análise da incidência solar	X	
	IGB3 análise da pluviometria	X	
	IGB4 análise da direção dos ventos	X	
	IGB5 análise da temperatura média anual e umidade relativa do ar	X	
D2 ENERGIA SOLAR (DES)	IES1 captação de energia solar	X	
D3 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (DIA)	IIA1 lâmpadas e luminárias de alto desempenho e baixo consumo	X	
	IIA2 iluminação dimerizável	X	
	IIA3 acendimento automático (sensores de presença)	X	
	IIA4 acionamentos independentes	X	
D4 CARGA TÉRMICA (DCT)	ICT1 pigmentação das superfícies com cores claras	X	

	ICT2 materiais para envoltória que propiciem proteção térmica		X
	ICT3 materiais para envoltória que propiciem proteção acústica	X	
	ICT4 brises e cobogós		X
	ICT5 beirais amplos	X	
D5 SISTEMAS CONSTRUTIVOS (DSC)	ISC1 “construção Seca”	X	
	ISC2 estrutura mista	X	
	ISC3 divisórias externas e internas flexíveis	X	
D6 USO DA ÁGUA (DUA)	IUA1 coleta de esgoto sanitário com segregação das águas residuárias (amarelas, cinzas, marrons)	X	
	IUA2 reuso de águas cinzas, amarelas e marrons	X	
	IUA3 reaproveitamento da água condensada	X	
	IUA4 dispositivos economizadores de água	X	
	IUA5 hidrometração seletiva por ambientes e grupos de aparelhos sanitários	X	
D7 ACESSIBILIDADE (DA)	IA1 rampas, elevadores ou plataformas	X	
	IA2 portas e circulações (dimensionamento adequado)	X	
	IA3 sanitários e vestiários acessíveis	X	
	IA4 bebedouros com alturas acessíveis	X	
	IA5 mobiliário acessível e reguláveis	X	
	IA6 sinalização em placas, podotátil, braile	X	
	IA7 faixas exclusivas para pedestres e ciclistas e redução do tráfego de veículos	X	
	IA8 vagas específicas para deficientes	X	

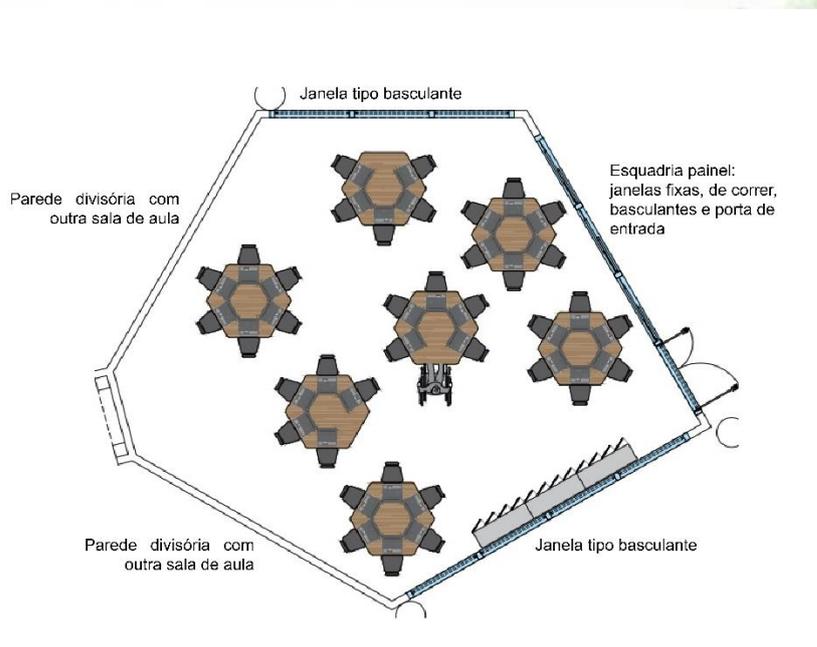
Fonte: Elaborado com base em Farias, Costa e Gomes (2019).

Os indicadores que se relacionam diretamente ao conforto térmico dos ambientes correspondem às Diretrizes Geobioclimática (DGB) e Carga Térmica (DCT). No que se refere à DGB observou-se que a implantação do Bloco Pedagógico no terreno considerou: incidência solar, direção dos ventos, aspectos do relevo (plano); índices pluviométricos da região, assim como a temperatura média anual e umidade relativa do ar.

A edificação foi implantada no sentido Leste-Oeste. Embora todas as fachadas recebam incidência solar durante os períodos matutino e vespertino, os largos beirais associados à preservação da vegetação existente (constituída predominantemente por árvores de grande porte) promovem sombreamento, contribuindo para moderação do microclima dos ambientes.

Pontua-se que o módulo pentagonal permite a utilização de três paredes para locação das esquadrias (janelas e portas) e não apenas duas (figura 5). Ademais, o arranjo arquitetônico possibilitou que os ambientes ficassem voltados para corredores de acesso abertos que circundam a edificação. A figura 6 apresenta a planta do 2º pavimento do Bloco Pedagógico CJA-UFSB e exemplifica o trajeto do vento pela edificação. A ventilação cruzada também contribui para moderar o microclima dos ambientes ao longo do dia.

Figura 5. Imagem ilustrativa de uma sala de aula do Bloco Pedagógico CJA-UFSB



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Sem escala.

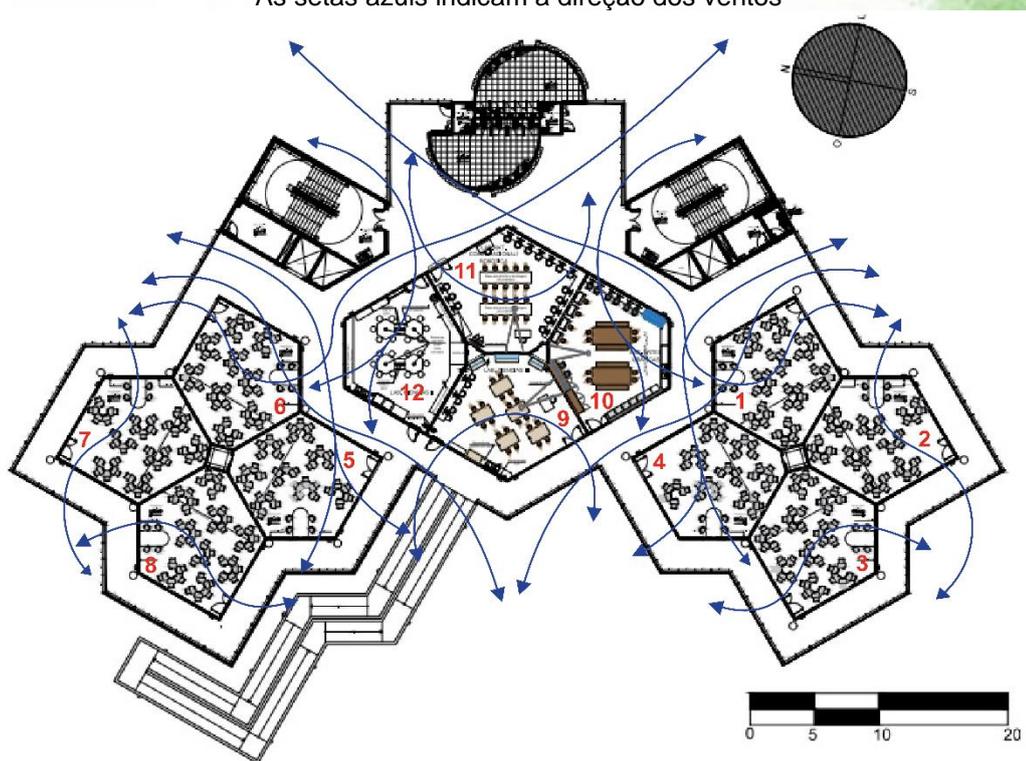
Ao consultar a NBR 15575-4/ 2013 constatou-se que o Bloco Pedagógico apresenta aberturas dimensionadas e posicionadas dentro do intervalo estabelecido pela norma.

No que se refere à Diretriz Carga Térmica (DCT), a edificação apresenta beirais amplos, pigmentação com cores claras e materiais para envoltória que propiciam proteção acústica. Entretanto, não foram considerados instalação de *brises* para reduzir a incidência solar direta e materiais para envoltória que propiciem proteção térmica.

Segundo Guarda *et al.* (2019) os materiais utilizados para construção das paredes e da cobertura impactam diretamente a carga térmica do edifício. Como já

mencionado, o material utilizado como elemento de vedação (paredes) externa do Bloco Pedagógico foi a placa cimentícia e, apesar da pigmentação com cores claras, o material não possibilita absorção da umidade e não garante temperaturas constantes ao longo do dia, como ocorreria se as paredes fossem construídas com tijolos de terra crua (adobe), por exemplo.

Figura 6. Planta do 2º pavimento do Bloco Pedagógico CJA-UFSB. As setas azuis indicam a direção dos ventos



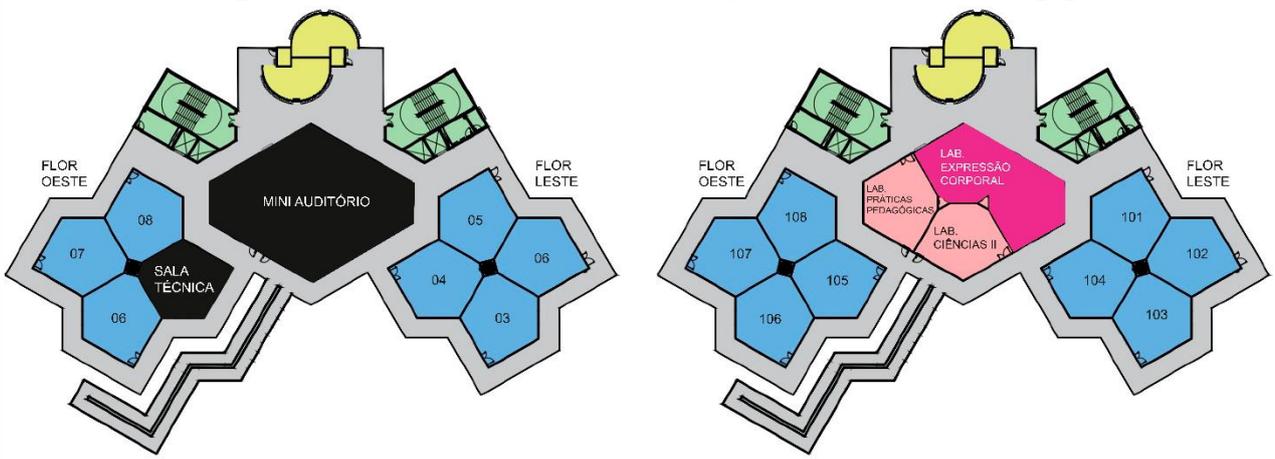
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 salas de aula. 9 laboratório ciências III, 10 laboratório de expressões gráficas, 11 laboratório de matemática computacional e robótica, 12 laboratório de ciências I.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em arquivo disponibilizado pela autora do projeto (2022).

3.2 Conforto térmico das salas de aula e laboratórios do Bloco Pedagógico CJA-UFSB

A figura 7 apresenta as plantas ilustrativas dos pavimentos térreo e 1º do Bloco Pedagógico com a indicação da numeração das salas de aula e laboratórios.

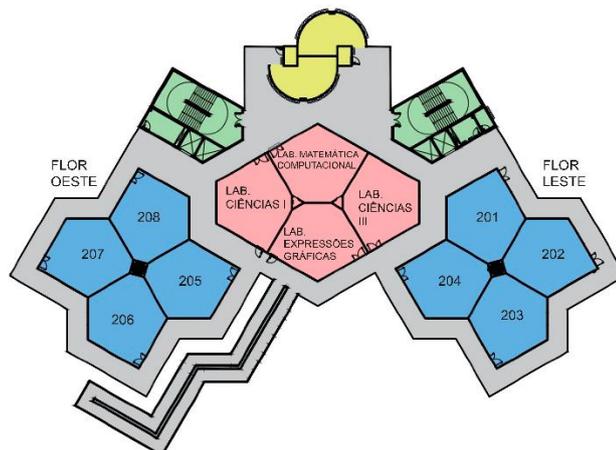
Figura 7. Plantas ilustrativas do térreo e 1º pavimento do Bloco Pedagógico - CJA



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A figura 8 apresenta a planta ilustrativa do 2º pavimento do Bloco Pedagógico com a indicação da numeração das salas de aula e laboratórios.

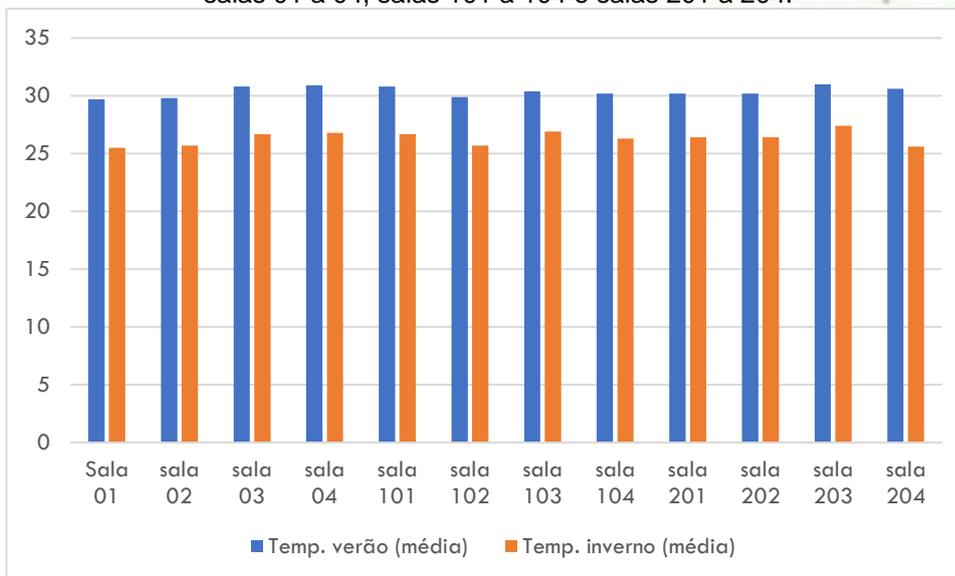
Figura 8. Planta ilustrativa do 2º pavimento do Bloco Pedagógico - CJA



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

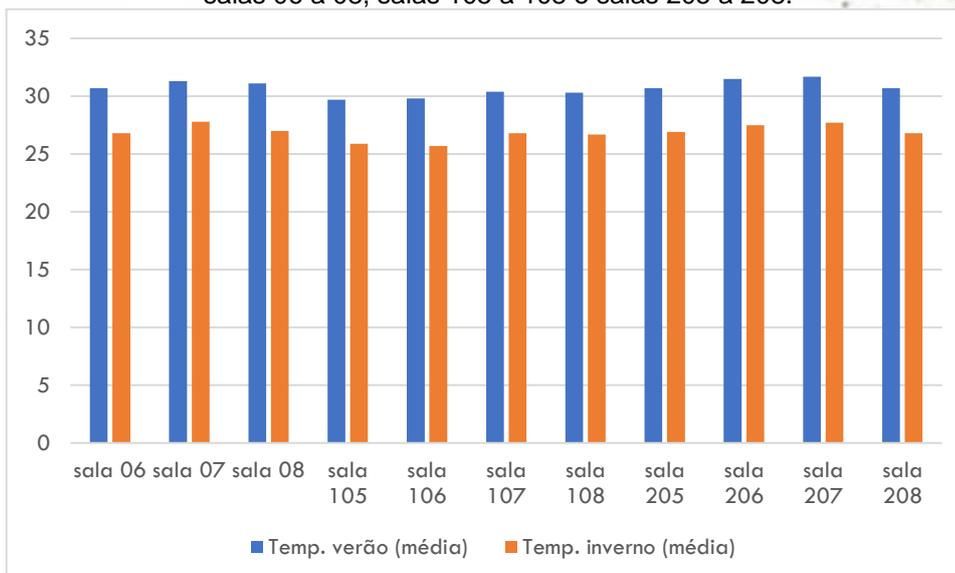
As figuras 9, 10 e 11 mostram a variação de temperatura média interna dos ambientes do Bloco Pedagógico ao longo do dia durante o verão e o inverno.

Figura 9. Temperaturas médias ao longo do dia no verão e inverno salas 01 a 04, salas 101 a 104 e salas 201 a 204.



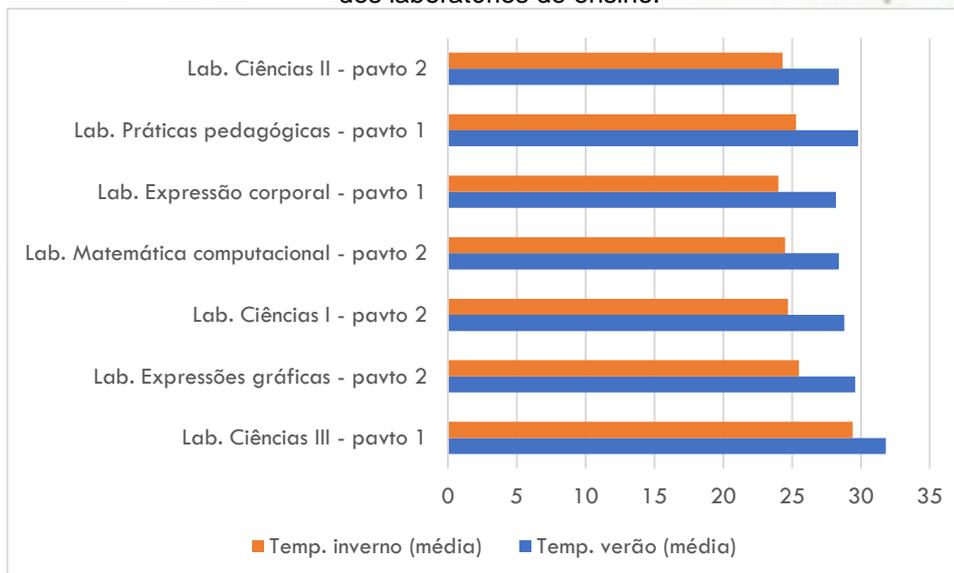
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 10. Temperaturas médias ao longo do dia no verão e inverno salas 06 a 08, salas 105 a 108 e salas 205 a 208.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 11. Temperaturas médias ao longo do dia no verão e inverno dos laboratórios de ensino.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observou-se que a temperatura média dos ambientes no verão e inverno variou cerca de 3 a 4,5°C ao longo do dia. As salas de aula 01 a 04, 101 a 104 e 201 a 204 apresentaram temperaturas médias inferiores em relação às demais salas, pois estão localizadas nas “pétalas” pentagonais da “flor” leste, onde a incidência solar predominante é a do nascente.

Durante o inverno as temperaturas médias das salas de aula (tanto localizadas no nascente quanto poente) variou, ao longo do dia, entre 25,3 e 27°C. Sendo que as temperaturas mais elevadas predominam no período vespertino. Durante o verão, as temperaturas médias variaram entre 29 e 33°C, sendo que as temperaturas mais elevadas também predominam no período vespertino, havendo, portanto, desconforto térmico considerável.

Já os laboratórios de expressão corporal, práticas pedagógicas e ciências II apresentaram temperaturas médias inferiores em torno de 1 a 1,5°C em relação aos demais ambientes (tanto no verão quanto no inverno), pois além de expostos ao maior sombreamento, possuem aberturas (portas e janelas) posicionadas de modo que o

vento os atravessa sem barreiras. Apenas o laboratório de ciências III apresentou temperatura média correspondente a 32°C no verão, pois tal ambiente recebe incidência solar direta durante os períodos matutino e vespertino. No inverno a temperatura fica em torno de 28,5°C.

Verificou-se que, de maneira geral, as temperaturas médias internas dos ambientes foram superiores às temperaturas médias externas em cerca de 1,2°C. Isso se deve à envoltória da edificação em placa cimentícia que, como já mencionado, não possibilita absorção da umidade e não viabiliza manutenção da temperatura constante ao longo do dia. Porém, de acordo com o *Projeteer* (*online* 2022) o material apresenta transmitância térmica equivalente a 1,26 W/m². K estando $\leq 1,5$ FV.

A NBR 15575-4/ 2013 estabelece que edificações situadas em municípios da Zona Bioclimática 8 (ZB8), devem apresentar paredes externas leves e refletoras, cuja transmitância térmica seja $\leq 3,70$ W/m². K. Ou seja, a placa cimentícia apesar de não apresentar desempenho térmico eficiente, pode ser utilizada como material construtivo de vedação para a região bioclimática onde se encontra o Campus Jorge Amado.

Informa-se que durante a medição das temperaturas, todas as portas e janelas dos ambientes estavam abertas e reitera-se que não se encontravam presentes estudantes, docentes e outras/os servidoras/es da Instituição. Ou seja, em situação oposta, o desconforto térmico durante o verão é ainda maior.

Nesse sentido, recomenda-se aliar as estratégias bioclimáticas existentes na edificação à climatização por sistema domótico, em outras palavras, instalação de ventiladores para otimizar a ventilação cruzada e condicionadores de ar.

Pontua-se que a instalação de tais equipamentos não impacta a eficiência energética da edificação, uma vez que o indicador da Diretriz Energia Solar (DES) foi contemplado e a cobertura da edificação é totalmente constituída por placas fotovoltaicas. Além disso, todos os indicadores da Diretriz Iluminação Artificial (DIA) também foram contemplados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo projetivo, conceber espaços considerando requisitos de conforto térmico, sejam para atividades laborais, educacionais ou descanso, contribui para

tornar a relação pessoa, ambiente e edificação, que é interdependente e complexa, uma experiência não só satisfatória, mas saudável.

Porém, é imprescindível que o conforto térmico seja viabilizado com menor dispêndio de energia. Para tanto, aspectos bioclimáticos do local onde será construída a edificação, tais como: topografia, incidência solar, direção dos ventos, umidade relativa do ar, pluviometria, precisam ser considerados.

Estratégias como a implantação da edificação para reduzir a incidência solar direta nas fachadas, dimensionamento e posicionamento de aberturas (portas e janelas) de modo a viabilizar a ventilação natural cruzada, beirais largos e a manutenção da vegetação existente para possibilitar o sombreamento, contribuem para moderar o microclima interno dos ambientes.

No que se refere às edificações educacionais, o Bloco Pedagógico do Campus Jorge Amado da UFSB foi projetado pautado em diretrizes de sustentabilidade arquitetônica, objetivando a manutenção do conforto térmico dos ambientes com eficiência energética. Considerando o exposto, após conclusão do processo construtivo da edificação, procedeu-se com a análise comparativa entre o ambiente projetado e o construído.

A análise da arquitetura da edificação, com base em Diretrizes e Indicadores do ambiente construído, possibilitou constatar que as estratégias bioclimáticas propostas em projeto, em sua maioria, foram implementadas. Porém, durante a medição das temperaturas dos ambientes, observou-se que durante o verão há desconforto térmico ao longo do dia, sendo que no período vespertino o desconforto é mais crítico. Sendo assim, é necessário aliar as estratégias bioclimáticas presentes na edificação aos sistemas domóticos, tais como ventiladores e condicionadores de ar.

Destaca-se que a utilização de estratégias domóticas aliadas às bioclimáticas não impactam a eficiência energética da edificação. Contudo, para uma moderação microclimática mais efetiva, seria pertinente considerar a substituição futura do elemento vertical de vedação (parede), uma vez que a placa cimentícia (paredes externas) e o gesso acartonado (paredes internas) não estão fixados à estrutura da edificação e podem ser desmontados a qualquer momento. Materiais alternativos que apresentem transmitância térmica inferior à da placa cimentícia, por exemplo,

possibilitariam ampliar a melhoria do conforto térmico dos ambientes e reduzir a necessidade de utilização de condicionadores de ar.

REFERÊNCIAS

ABATE, Tania Pietzschke; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; BERNARDI, Núbia. Avaliação Pós-Ocupação (APO) e o Wayfinding Design. In: XV ENTAC Encontro Nacional do Ambiente Construído. **Anais do XV ENTAC**, Maceió, p. 2130-2139, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 15575 (1)**: Edificações – Desempenho, Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 15575 (4)**: Edificações – Desempenho, Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.

ALMEIDA, Ricardo M. S. F.; PINTO, Manuel.; PINHO, Paulo G.; LEMOS, Luís T de. Natural Ventilation and Indoor Air Quality in Educational Buildings: Experimental Assessment and Improvement Strategies. **Energy Efficiency**, v.10, p. 839-854, 2017.

BALBIS-MOREJÓN, Milen.; REY-HERNÁNDEZ, Javier M.; AMARIS-CASTILLA, Carlos.; VELASCO-GÓMEZ Eloy.; JOSÉ-ALONSO, Julio F. San.; REY-MARTÍNEZ, Francisco Javier. Experimental Study and Analysis of Thermal Comfort in a University Campus Building in Tropical Climate. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12218886>

BARBOSA, F. C.; FREITAS, V. P de.; ALMEIDA, M. School building experimental characterization in Mediterranean climate regarding comfort, indoor air quality and energy consumption. **Energy & Buildings**, p. 212: 1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109782>

BELTRÁN, Davi R.; KASTILLO, Juan. Assessment of different natural ventilation strategies for an educational building on the warm-humid climate of Guayaquil, Ecuador. **The American Society of Mechanical Engineers**, p. 1-7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1115/ES2015-49701>

BORTOLI, Luana Cristina de.; CALDERA, Norma Batista. Avaliação qualitativa do conforto térmico e da eficiência energética em edificação escolar de São Miguel do Oeste, SC: estudo de caso. **Unoesc & Ciência – ACET**, p. 35-42, 2014.

BOUTET, M. L.; HERNÁNDEZ, A. L.; JACOBO, G. J. Methodology of quantitative analysis and diagnosis of higo-thermal and lighting monitoring for school buildings in a hot-humi mid-latitude climate. **Renewable Energy**, v. 145, p. 2463-2476, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.009>

CAMPANO-LABORDA, Miguel Ángel.; DOMÍNGUEZ-AMARILLO, Samuel.; FERNÁNDEZ-AGÜERA, Jéssica.; ACOSTA, Ignacio. Indoor Comfort and Symptomatology in Non-University Educational Buildings: Occupants' Perception. **Atmosphere**, v. 11, n.357, p. 1-27, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11040357>

DÍAZ-CALDERÓN, S. F.; CASTILLO, J. A.; HUELSZ, G. Indoor air quality evaluation in naturally cross-ventilated buildings for education using age of air. **Journal of Physics**, v. 2069, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2069/1/012182>

CASTRO, Nayana Helena Barbosa de. **Avaliação do desempenho térmico e lumínico, considerando o nível de satisfação dos usuários**: o caso de um edifício de escritório com estratégias bioclimáticas. 169fl. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

Clima-date.Org. 2022. **Dados Climatológicos de Ilhéus, BA**. Disponível: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/ilheus-4467/>. Consultado em: 20.01.2022.

COSTA, Sílvia Kimo. **Implantação do Campus Jorge Amado da UFSB**: proposta de Desenho Urbano e concepção arquitetônica do Bloco Pedagógico e do Núcleo de Gestão Acadêmica e Vivência, Itabuna, BA: Diretoria de Infraestrutura PROPA – UFSB, 2018, 30p.

DALLASTRA, Mauricio.; FERNANDES, Morgana Alves de Jesus.; BRESCOVIT, Luiz Eduardo.; COSTA, Bruna Lopes. Avaliação Pós-Ocupação de Edificação Escolar:

Proposta de Diretrizes para a Requalificação do Pátio Escolar. **Id on Line Rev. Mult. Psic**, v. 12, n. 39, p. 612-657, 2018.

FARIAS, Livia Berti Sanjuan.; COSTA, Silvia Kimo.; GOMES, Ronaldo Lima. 2019. Indicadores e índice geral de sustentabilidade do CSC-UFSB: procedimentos metodológicos. **Gaia Scientia**, v. 1, n. 2, p. 30-47, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2019v13n2.41283>

FREITAS, Ludmylla Faria de.; OLIVEIRA, Raquel Diniz.; LIMA, Frederico Romagnoli S. Análise das condições de conforto térmico dos usuários em ambientes naturalmente ventilados: simulação aplicada à edificação escolar pública. In: XV ENLACAC Encontro latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais do XV ENLACAC**, João Pessoa, p. 1 – 10, 2019.

GUARDA, Emeli Lalesca Aparecida da.; DOMINGOS, Renata Mansuelo Alves.; DURANTE, Luciane Cleonice.; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio. Influência da absorvância em sistemas verticais: Diagnóstico do impacto no consumo energético de um edifício comercial na cidade de Sinop-MT. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n.10, p. 20845-20859, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-263>

GONÇALVES, Joana Carla Soares.; BODE, Klaus. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 91 p.

BOGO, Amilcar José.; HORONGOSO, Beatriz Cristina. Avaliação Pós-Ocupação das condições de Habitação em conjuntos habitacionais do PMCMV em Blumenau, SC. **Holos**, v. 34, n. 8, p. 59-71, 2018.

LAMBERTS, Roberto.; DUTRA, Luciano.; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS PROCEL, 2014, 382p.

MAGALHÃES, Tiago Jorge Pinto. **Comportamento Higrotérmico de Edifícios**. 143fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Cidade do Porto, Portugal, 2019.

MONTOYA, Olga Lúcia.; HERRERA, Carlos. Confort térmico: percepción, teoría y simulación en aulas naturalmente ventiladas en el trópico. In: IV Congreso Latinoamericano de Simulación en Edificios. **Anais do IV Congresso Latinoamericano de Simulación en Edificios**, Mendonza, Argentina, p. 53-65, 2019.

ProjeteEEE. 2022. **Projetoando Edificações Energeticamente Eficientes**. Disponível: <http://projeteeee.mma.gov.br/sobre-o-projeteeee/>. Consultado em: 20.01.2022

REIS, Diorny da Silva. **Avaliação do efeito de florestas urbanas e áreas vegetadas no conforto higrotérmico**. 114fl. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2014.tde-10062014-103104>

ROSALES-VILLA, D. E.; BALBIS-MOREJON, M.; FONTALVO-LASCANO, A. E. Evaluación del Confort Térmico en una Institución Educativa en la Ciudad de Barranquilla. In: 7th Academic International Workshop Advances in Cleaner Production. **Anais do 7th Academic**, Barranquilla, Colombia, p. 1-5, 2018.

RUANO, Paloma Campo.; MONTOYA, José María de La Puerta.; GARCÍA-GERMÁN, Javier.; AMIGO, Jesús M. Menéndez; RUIZ, Irene Cámara. Energy Efficiency Strategies For Future Educational Buildings: A Case Study in Madrid. **Research Square**, p.1-25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1195995/v1>

SILVA, Wanencia Fernandes.; CASTRO, Iara Sousa. Contribuições da avaliação pós-ocupação em salas de aula de uma escola do ciclo básico. **Ergodesign HCI**, v.1, n.1, p. 38-48, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v5i1.248>

TREBILCOCK, Maureen Eileen Kelly.; PIDERIT, María Beatriz Florencia Moreno.; MUÑOZ, Carol Andrea Prado. Diseño pasivo de aulas escolares para el confort térmico, en una perspectiva del cambio climático. **Arquitecturas del Sur**, v.36, n.54, p.1-16, 2018.

VECCHI, Renata de. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. 237fl. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

VILLA, Simone Barbosa.; ORNSTEIN, Sheila Walbe. **Qualidade Ambiental na Habitação**: avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 513 p.

VISENTIN, Tales Gonçalves.; CARDOSO, Grace Tibério.; BENINCÁ, Letiane. Arquitetura Bioclimática: Avaliação Pós Ocupação (APO) em escola pública estadual. **Revista de Arquitetura IMED**, v.6, n.1, p. 49-61, 2017.