XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Apresentação do exercício prático-didático sobre ventilação natural em edificações públicas de ensino superior

Presentación del ejercicio práctico-didáctico sobre ventilación natural en edificios públicos de educación superior

Presentation of the practical-didactic exercise on natural ventilation in public higher education buildings

Práticas didáticas em conforto ambiental e ergonômico e qualidade ambiental/*Prácticas didácticas en confort ambiental y ergonómico y calidad ambiental/ Didactic practices in environmental and ergonomic comfort and environmental quality*

Sobrenome, Nome (não preencher os detalhes dos autores na primeira submissão)
Titulação, Instituição ou Empresa, Cidade, País, endereço de e-mail

Apellido, Nombre *(no completar los detalles de los autores en el primer envío)*
Título, Institución o Empresa, Ciudad, País, correo electrónico

Surname, Name *(do not fill in authors' details in the first submission)*
Title, Institution or Company, City, Country, e-mail address

Resumo

As estruturas originais do Campus I da UFCG foram concebidas a partir de soluções bioclimáticas de ventilação natural que, paulatinamente, foram substituídas pela climatização artificial, modificando as características das edificações. Com o intuito de enfatizar o efeito dessas estratégias no projeto arquitetônico, foi proposto aos alunos de Conforto Ambiental II o exercício de analisar a ventilação natural nas edificações do Campus I. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar a metodologia utilizada na disciplina, por meio dos resultados de uma equipe de alunos. Para efeito didático, utilizou-se de multimétodos na análise da ventilação natural. Os resultados obtidos pelo grupo de alunos, mostraram que a metodologia aplicada teve efeito nas disciplinas de Projeto Arquitetônico cursadas, quanto à definição da forma aerodinâmica da edificação, na localização das aberturas, e no seu dimensionamento apropriado. Todavia, observou-se em parte do grupo, em semestres seguintes, que estes princípios foram esquecidos nas disciplinas de projeto.

Palavras-chave: Práticas didáticas. Ventilação natural. Edificações públicas.

Resumen

Las estructuras originales del Campus I de la UFCG fueron diseñadas con base en soluciones de ventilación natural bioclimática que fueron gradualmente sustituidas por aire acondicionado artificial, modificando las características de los edificios. Con el fin de enfatizar el efecto de estas estrategias en el diseño arquitectónico, se solicitó a los estudiantes de Confort Ambiental II realizar un ejercicio de análisis de la ventilación natural en edificios del Campus I. Así, el objetivo de este artículo es presentar la metodología utilizada en la disciplina, a través de los resultados de un equipo de estudiantes. Con fines educativos se utilizaron métodos múltiples en el análisis de la ventilación natural. Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes mostraron que la metodología aplicada tuvo efecto en las disciplinas de Diseño Arquitectónico estudiadas, en cuanto a la definición de la forma aerodinámica del edificio, la ubicación de las aberturas y su adecuado dimensionamiento. Sin embargo, se observó en una parte del grupo, en semestres posteriores, que estos principios fueron olvidados en las disciplinas de diseño.

Palabras clave: Prácticas docentes. Ventilación natural. Edificios públicos.

Abstract

The original structures of UFCG Campus I were designed based on bioclimatic solutions of natural ventilation that were gradually replaced by artificial air conditioning, modifying the characteristics of the buildings. In order to emphasize the effect of these strategies on architectural design, students of Environmental Comfort II were asked to perform an exercise to analyze natural ventilation in the buildings of Campus I. Thus, the objective of this article is to present the methodology used in the discipline, through the results of a team of students. For didactic purposes, multimethods were used in the analysis of natural ventilation. The results obtained by the group of students showed that the applied methodology had an effect on the Architectural Design disciplines studied, regarding the definition of the aerodynamic shape of the building, the location of openings, and their appropriate dimensioning. However, it was observed in part of the group, in subsequent semesters, that these principles were forgotten in the design disciplines.

Keywords: Teaching practices. Natural ventilation. Public buildings.

Introdução

A ventilação natural e o sombreamento se destacam como uma das principais estratégias passivas para a zona bioclimática 4A, (ABNT, 2024), onde estão inseridas várias cidades do Brasil, inclusive a cidade de Campina Grande, na Paraíba. Observando as estruturas originais do Campus I da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), construídas entre as décadas de 1960 e 1970, ainda Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), percebe-se que as soluções arquitetônicas foram pensadas utilizando as duas principais estratégias mencionadas. Seguindo os preceitos da Arquitetura Moderna de economia e racionalidade construtiva (QUEIROZ *et al*., 2023), a implantação dos blocos construídos foi pensada com as menores fachadas voltadas para Leste e Oeste, com as aberturas protegidas da insolação direta por meio de dispositivos como brises, beirais e peitoris ventilados por elementos vazados (Figura 1).

Figura 1: foto do bloco CM da UFCG



Fonte: Portal UFCG, modificado pelos autores (2024)

Todavia, ao longo do tempo, essas estratégias passivas foram paulatinamente substituídas pela climatização artificial, tendo como consequências no patrimônio construído a vedação dos cobogós.

Segundo os dados do Atlas da Eficiência energética (BRASIL, 2023), entre as despesas com energia elétrica, dos órgãos da administração pública federal, as universidades se destacam entre as 3 maiores consumidoras: administração direta (17,6%), universidades (20,5%) e Fundo nacional

(20,6%). Esses dados, de certa forma, dão respaldo ao que percebemos nas alterações das soluções construtivas no Campus I da UFCG.

Em contrapartida ao exposto, a disciplina de Conforto Ambiental II (CAII), oferecida aos alunos do quarto período do curso de Arquitetura e Urbanismo desta Universidade, apresenta a seguinte ementa: "*Introdução aos conceitos da Arquitetura sustentável e eficiência energética, com ênfase às estratégias de climatização passiva, por meio do uso de recursos de ventilação natural no ambiente construído*", tendo como objetivo de aprendizagem *"Capacitar os alunos para qualificação do espaço construído no que se refere à Arquitetura sustentável e desempenho térmico das edificações e seu entorno, por meio do entendimento de estratégias bioclimáticas, com enfoque na ventilação natural"*. Com o intuito de enfatizar a importância do estudo das estratégias de climatização passiva no projeto arquitetônico, foi proposto aos alunos do período letivo 2024.1 o exercício de analisar a ventilação natural nas edificações existentes no Campus I, da UFCG, por meio de multimétodos. Assim, o objetivo do presente artigo é apresentar a metodologia utilizada em sala de aula, por meio dos resultados de uma equipe de alunos.

Metodologia

Para efeito didático, o exercício foi dividido em duas fases: (1) análise da ventilação natural no meio externo e (2) análise da ventilação natural no meio interno.

(1) Análise da ventilação natural no meio externo

A fase 1 teve os seguintes objetivos: (a) desenvolver maior familiaridade dos alunos com a arquitetura dos edifícios do Campus I da UFCG; (b) observar as estratégias bioclimática utilizadas nestes edifícios educacionais e (c) fomentar o uso de estratégias de ventilação nas disciplinas de Projeto de Arquitetura, oferecidas pelo curso. Pretendeu-se desenvolver nos alunos as capacidades de observação e coleta de dados físicos, além da iniciação na simulação computacional. A fim de experienciar métodos diversos, foram sugeridos o método gráfico de coeficientes de pressão do vento (ASHRAE, 2001) e a simulação computacional (*Autodesk* CFD).

Após a formação das equipes (duplas ou trios de alunos), foi realizado o sorteio dos blocos, a partir de critérios prévios. Os blocos escolhidos precisariam ter no máximo 2 pavimentos e ter as

peças gráficas dos projetos arquitetônicos disponíveis. Após consulta à Prefeitura Universitária (PU) foram selecionados os seguintes exemplares: *Smart* Campus, PU, posto médico, Museu do semiárido, Arquivo geral, Centro de Extensão, Escola de Aplicação, Bloco CR, Bloco BK1, Bloco BW1 e Centro Gemológico do Nordeste.

Em seguida, cada equipe realizou a caracterização do objeto de estudo, seguindo os passos indicados: (a) fotografar as fachadas e discriminar as estratégias de ventilação e sombreamento utilizadas; (b) identificar o Sistema construtivo (estrutura portante, vedações verticais e horizontais).

Depois da caracterização do objeto de estudo, partiu-se para a análise do fluxo dos ventos no meio externo à edificação. O método gráfico de coeficientes de pressão do vento (ASHRAE, 2001) consiste no uso de gráficos constituídos por isolinhas, que representam os coeficientes de pressão do vento, a partir do ângulo de incidência predominante em cada fachada, medido pela normal. O objetivo desse método é indicar as fachadas de "pressão positiva" e de "pressão negativa", que sugerem as melhores localizações para as aberturas de entrada e saída da ventilação natural, respectivamente. Neste exercício, o estudo do fluxo da ventilação, também foi realizado com o auxílio da simulação computacional (*Autodesk* CFD), e teve o intuito de confrontar os resultados entre os métodos, a fim de verificar semelhanças e discordâncias. Vale salientar que, para facilitar o desempenho dos alunos nas simulações, recomendou-se o Tutorial de uso do CFD, desenvolvido pelos monitores da disciplina no período de 2023.1, além da presença dos monitores em sala.

(2) Análise da ventilação natural no meio interno

A fase 2 teve como proposta alcançar os seguintes objetivos: (a) desenvolver maior familiaridade dos alunos com os instrumentos de medição das variáveis climáticas; (b) compreender as diversas possibilidades de análise da ventilação natural no ambiente interno e (c) observar o efeito da localização das aberturas na ventilação dos ambientes. Pretendeu-se desenvolver a habilidade de confrontar dados obtidos no local com aqueles obtidos por simulação.

Na análise da ventilação no meio interno foram interpretados os resultados dos seguintes procedimentos: (a) simulação computacional (*Autodesk* CFD ou *windtunnel*[1]); (b) medição da velocidade do ar no local, com uso de anemômetros; (c) cálculo do fluxo de ar requerido por pessoa (LAMBERTS *et al*, 2014), por meio de planilha do excel produzida pela professora da disciplina. Esse último resultado foi confrontado com o recomendado pela resolução da RE/ANVISA n. 9 (AGÊNCIA...,2005).

Para cada equipe foi selecionado apenas um ambiente por bloco, dando continuidade aos seguintes procedimentos: (1) Selecionar a sala avaliada pela equipe e destacá-la em planta baixa, com identificação do sentido predominante dos ventos; (2) Fazer o levantamento físico do ambiente a ser analisado, localizar portas e janelas, e calcular a área útil das aberturas; (3) Simular, com o auxílio do *Autodesk* CFD ou do *windtunnel*, a trajetória do ar e sua respectiva variação de velocidade (m/s) dentro do ambiente (esta última informação foi exigida apenas para simulação pelo CFD); (4) Medir a velocidade do ar, usando anemômetros em 3 pontos distintos da sala (nas aberturas de entrada e saída, no centro da sala)[2]; (5) produzir os dados de entrada para alimentar a planilha do excel e confrontar os resultados com o recomendado pela resolução da RE/ANVISA n. 9 (AGÊNCIA...,2005), de 27m³/h/pessoa.

Resultados

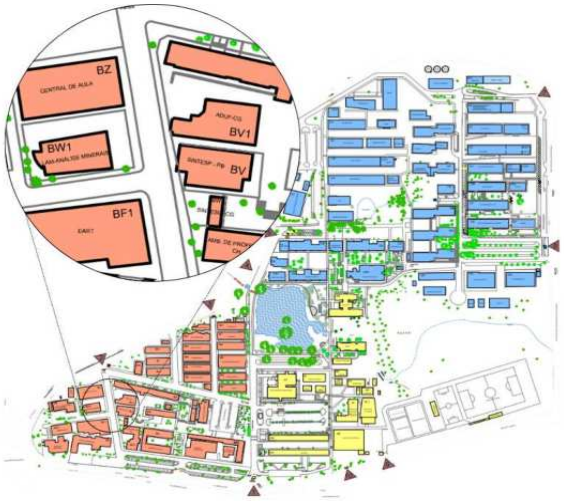
O edifício selecionado para o trabalho apresentado foi o Bloco BW1 (Laboratório de Análises Minerais - LAM), localizado a Sudeste da UFCG, Campus I (Figura 2). Como a maioria dos edifícios, o BW1 está implantado com as menores fachadas para Leste e Oeste. Desse modo, as aberturas localizadas a Norte e Sul não recebem a ventilação predominante oriunda do Leste, mas ainda se beneficiam da ventilação secundária vinda do Sudeste. Além do mais, o BW1 possui apenas um

[1] O *windtunnel* foi facultado aos alunos que tiveram alguma dificuldade na instalação do *Autodesk* CFD. Todavia, foram apresentadas as limitações do mesmo e facilitado o uso do CFD no computador de terceiros.

[2] O anemômetro deveria estar localizado a 0,60m ou 1,10m do piso, altura do abdome de pessoa sentada ou em pé, respectivamente (ISO 7726/2012). As aferições deveriam ocorrer em intervalos de 5 minutos de duração (totalizando 5 medições). A verificação do comportamento da ventilação por meio de medições requer maior tempo de exposição. Contudo, dado às limitações do estudo (semestre letivo) e de equipamentos, foi esclarecido aos alunos que seria um exercício meramente experimental, com um intuito de apresentar possibilidades diversas de coleta de dados e que, em uma pesquisa científica, procedimentos mais precisos seriam necessários.

pavimento e está implantado em região de “sombra de vento”, provocada pelos prédios em seu entorno, como os Blocos BV (SINTESP-PB) e BV1 (ADUF-CG).

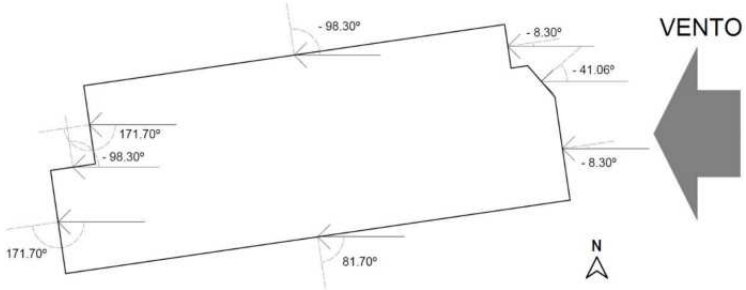
Figura 2: Localização do Bloco BW1 na UFCG - campus sede



Fonte: Portal UFCG, modificado pelos autores (2024)

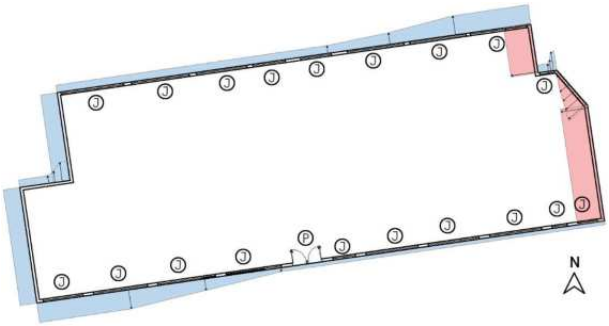
Para a determinação das zonas de pressão positiva e negativa, foi verificado o ângulo de incidência dos ventos predominantes em todas as fachadas da edificação com relação à sua normal (Figura 3). É possível observar na Figura 4, que as fachadas voltadas ao Leste (destacadas em vermelho) são recomendadas para a localização das aberturas de entrada de ar, assim como as fachadas Norte, Sul e Oeste (destacadas em azul) as aberturas para a saída de ar.

Figura 3: planta baixa com os ângulos de incidência dos ventos Leste com a normal de cada fachada.



Fonte: Autores (2024)

Figura 4: Diagrama final mostrando as zonas de pressão positiva e negativa das fachadas do Bloco BW1

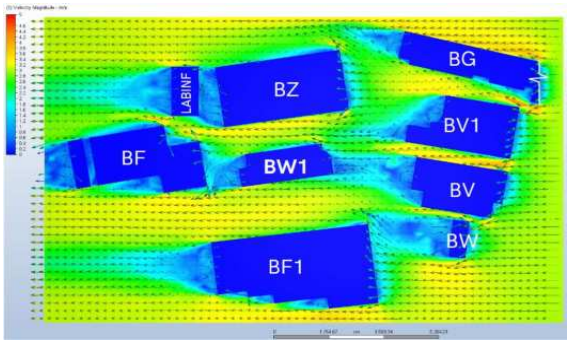


Fonte: Autores (2024)

Embora os resultados sejam previsíveis para um arquiteto experiente, para a maioria dos alunos foi interessante compreender a necessidade desses conhecimentos na definição do local das aberturas e na implantação do edifício na fase de concepção do projeto. Vale salientar, que estes conhecimentos foram cobrados na disciplina de Projeto Arquitetônico II (PA II), ofertada no mesmo período, pela então professora de CA II e PA II.

O efeito do entorno construído não é considerado no método gráfico, sendo sua principal limitação. Todavia, através da simulação computacional, os alunos conseguiram perceber esta influência (Figura 5). Outra questão observada pelos alunos, a partir da análise dos resultados, foi que a circulação central não é a mais indicada, pois as salas a sotavento teriam a ventilação cruzada prejudicada.

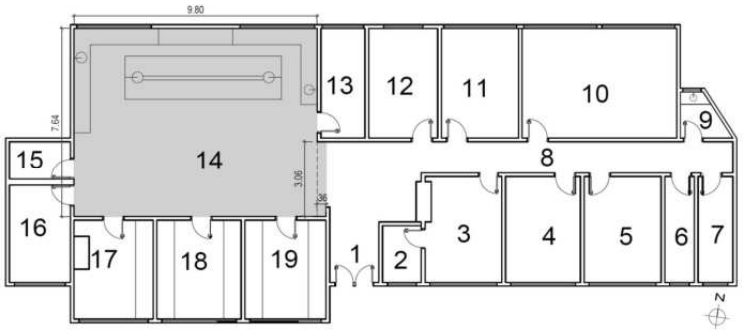
Figura 5: Simulação do fluxo do vento no Bloco BW1 e seu entorno construído, no plano horizontal.



Fonte: Autores (2024)

Dando continuidade ao estudo do bloco BW1, o edifício foi setorizado para estudo da ventilação no seu interior (Figura 6).

Figura 6: setorização das salas do bloco BW1, com destaque para a sala estudada.

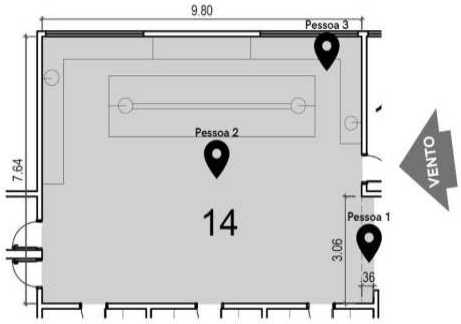


1 - Recepção; 2 - Arquivo; 3 - Secretaria; 4 - Sala de professor; 5 - Sala de estudo; 6 - WC masculino; 7 - WC feminino; 8 - Hall; 9 - Copa; 10 - Sala do coordenador; 11 - Sala de estudo; 12 - Almoxarifado; 13 - Sala de balança; 14 - Laboratório de análise de minerais; 15 - Sala de instrumentação; 16 - Cromatografia de colunas; 17 - Preparação de amostras; 18 - Sala de compressor; 19 - Sala de fusão.

Fonte: Autores (2024)

O laboratório de análise de minerais (sala 14), selecionado para o experimento, possui uma grande abertura voltada para o hall de entrada, por onde ocorre a principal passagem de ar, além de duas janelas ao Norte. Foram definidos três pontos de medição da velocidade do ar, designados por: “Pessoa 1”, “Pessoa 2” e “Pessoa 3” (Figura 7). Os resultados das medições estão apresentados na Tabela 1.

Figura 7: Pontos de medição demarcados



Fonte: Autores (2024).

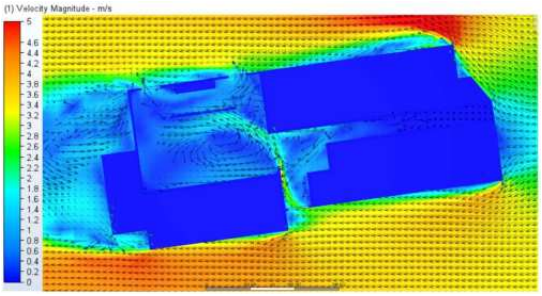
Tabela 1: Resultado das medições da velocidade do ar na sala 14 do BW1.

Pessoas	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Mediana
Pessoa 1	0,2 m/s	1,5 m/s	0,4 m/s	0,0 m/s	1,2 m/s	0,4 m/s
Pessoa 2	0,0 m/s	0,2 m/s	0,0 m/s	0,0 m/s	0,1 m/s	0,0 m/s
Pessoa 3	0,0 m/s	0,5 m/s	0,0 m/s	0,0 m/s	0,3 m/s	0,0 m/s

Fonte: Autores (2024)

Os resultados da simulação computacional mostraram que o fluxo de entrada do ar ocorreu através da porta, passando pelo centro da sala, alcançando os balcões de trabalho quando há a redução na velocidade do ar, saindo pelas janelas da fachada Norte, à sotavento (Figura 8). Com este exercício, os alunos perceberam a influência da localização das aberturas na ventilação natural do ambiente interno. Podendo vivenciar, durante as medições, os efeitos da ventilação natural no conforto térmico. Entendendo que, a entrada de ar deveria ocorrer por meio das janelas e não pela porta, como ocorre na realidade. Por ser um laboratório, a porta precisa estar fechada durante seu funcionamento.

Figura 8: Simulação do comportamento do vento no interior do laboratório de análise de minerais do Bloco BW1



Fonte: Autores (2024)

Com o auxílio da planilha do excel (Figura 9) foi utilizado o método algébrico para calcular o fluxo de ar requerido por pessoa (LAMBERTS *et al*, 2014). Os alunos precisaram obter os dados de entrada, como área útil das aberturas, velocidade do ar, volume da sala entre outros, tendo como resultado os seguintes dados de saída: velocidade do ar corrigida (Vcorrigida), somatório da área útil das aberturas de entrada e saída do ar (Aj), fluxo de ar para ventilação cruzada em m³/s (Q1), número de trocas de ar por hora (n1) e fluxo de ar para ventilação cruzada em m³/h/pessoa (TAXA).

Figura 9: planilha de cálculo do número de renovações de ar



Cálculo do número de renovações de ar por hora

Dados de entrada			Dados de saída ventilação cruzada			Q (m³/h)
Aentrada	5,67	m²	Vcorrigida	1,08	m/s	
Asaída	3,51	m²				
Vmédia	3	m/s	Aj	2,98	m²	
▲Cp	0,13					
Volume sala	104,84	m³	Q1*	0,68	m³/s	2460,58
K	0,35					
Z[a]	1,02	m	n1	23,47	trocas/hora	
Aporta intermed**	0	m²				
Aefetivaunilateral	0	m²				
N número de pessoas	18	und	TAXA	136,70	m³/h/pessoa	

*reduzir a área se for veneziana ou tela

** Quando houver uma porta intermediária entre a en

	Q1*	Q2*	Q3*
Tela algodão	Qm = 0,30Q	Qm = 0,30Q	Qm = 0,30Q
Tela nylon	Qm = 0,65Q	Qm = 0,65Q	Qm = 0,65Q

Fonte: adaptada de LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2013); FROTA e SCHIFFER (2001).

Fonte: Autores (2024)

De acordo com a planilha, o fluxo de ar requerido por pessoa (TAXA) resultou em 136,70 m³/pessoa/h, sendo superior ao mínimo recomendado pela resolução da RE/ANVISA n. 9 (AGÊNCIA...,2005), de 27m³/h/pessoa. Porém, foi considerada a área da porta aberta. Simulando com a porta fechada, os resultados seriam inferiores.

Quanto ao impacto do exercício na formação profissional dos alunos, os mesmos relataram que a metodologia aplicada contribuiu no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico, como na definição da forma aerodinâmica da edificação, na localização das aberturas de entrada e saída do ar, e no seu dimensionamento apropriado, a fim de promover as trocas de ar necessárias para a salubridade do ambiente.

> Compreendemos a complexidade da dinâmica do ar nos ambientes, considerando variáveis que muitas vezes interagem de forma imprevisível. Dominar e aproveitar essas dinâmicas mostrou-se um desafio, mas, por meio das metodologias aplicadas na disciplina e da experiência prática aliadas às simulações computacionais, conseguimos absorver esse conhecimento de forma sólida (Discente de Conforto Ambiental II).

> As simulações foram muito importantes, não só para o desenvolvimento na disciplina, mas como prática projetual, pois utilizei na implantação e definição da forma da edificação proposta na disciplina de Projeto de Arquitetura VI[3]. Além disso, o ato de poder estudar uma edificação já construída no campus, permitiu um novo olhar, podendo perceber várias soluções que foram utilizadas por outros arquitetos (...) (Discente de Conforto Ambiental II).

Considerações finais

A metodologia utilizada no experimento foi apresentada de forma detalhada por meio dos resultados da equipe de alunos selecionada. O objetivo principal dos exercícios foi proporcionar aos alunos a possibilidade de conhecer diferentes métodos de análise da ventilação natural no ambiente construído, e enfatizar a importância dessa estratégia bioclimática no conforto térmico dos ambientes, e consequentemente, na tomada de decisão do projeto arquitetônico.

Outra questão discutida em sala de aula foi sobre a eficiência energética dos blocos da UFCG. Os resultados apontaram a viabilidade da manutenção da ventilação natural na edificação estudada, embora na atualidade, funcione por meio da climatização artificial. Percebe-se que os projetos originais contemplavam esta necessidade por meio de grandes aberturas.

Observou-se as limitações do método gráfico quanto à necessidade da forma prismática, sem curvas, e a desconsideração da influência do entorno construído. Sobre o uso do *Autodesk* CFD, percebeu-se que, apesar do tutorial ter sido uma ótima ferramenta de consulta, a presença constante de um monitor em sala de aula, foi essencial para dirimir pequenas dúvidas.

Os relatos dos alunos corroboraram com os objetivos específicos para cada etapa do exercício, principalmente quanto ao entendimento de que o uso das estratégias bioclimáticas contribuem não só para um ambiente confortável, mas para a concepção de uma arquitetura correta e sustentável. O objetivo de estimular a correspondência entre as áreas de Conforto Ambiental e Projeto de Arquitetura foi alcançado.

[3] Este aluno estava cursando o oitavo período do curso de Arquitetura e Urbanismo.

Apesar dos resultados favoráveis quanto à fixação e aplicação do conteúdo de CA II nas disciplinas de Projeto de Arquitetura, no semestre seguinte à conclusão do experimento, durante a disciplina de Projeto de Arquitetura III, ministrada pela mesma professora e com a mesma turma, observou-se que grande parte dos alunos, ao se depararem com novos desafios nos exercícios de projeto, deixaram em segundo plano os princípios da ventilação natural, propondo ambientes de permanência prolongada a sotavento e aberturas com peitoril alto a barlavento.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RE/ANVISA nº 09 de 16 de janeiro de 2003**. Ministério da Saúde, 2003.Disponível em: https://tinyurl.com/yxlngzxa. Acesso em: 7 de agosto de 2023.

ASHRAE. *ASHRAE Fundamentals Handbook (SI):* ***Chapter 16: Airflow around buildings***. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho**. Rio de Janeiro, 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Atlas da Eficiência Energética – Brasil | 2023. Relatório de Indicadores**. Rio de Janeiro: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2023.

ISO. **ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities**. Genéve: ISO, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. [3.ed.] Rio de Janeiro: Eletrobrás/PROCEL, 2014.

QUEIROZ, M.V.D ; PEREIRA, F. T. B. ; PANET, Miriam de Farias. ; SOUSA, D. M. ; COSTA, L. A. ; FREITAS, M. G. ; SOUSA, Q. F. ; OLIVEIRA, E. F. A. B. ; BEZERRA, I. V. N. . **ESTÚDIO: arquitetura de obras públicas. Estudo de caso do Bloco CW-UFCG**. 1. ed. Campina Grande: ESTÚDIA, 2023. v. 1. 119p.