XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8693

Modelo termográfico para análise de desempenho de edificações universitárias: estudo de caso

Thermographic model for performance analysis of university buildings: a case study

Roni Anzolch
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Brasil | roni.anzolch@ufrgs.br
Lucas Pinzon Brauwers
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Brasil | lucas.pinzon@ufrgs.br

Resumo

Um dos desafios para a compreensão mais detalhada do comportamento térmico das edificações é a visualização dos efeitos da compartimentação na distribuição das temperaturas. Por isso apresentamos aqui um enfoque multizonal, onde buscamos verificar o comportamento de edificações de maior porte, procurando verificar ambientes com maior tendência ao aquecimento ou resfriamento do que outros. O objeto de nosso estudo de caso é o prédio da Faculdade de Arquitetura da UFRGS cujo desempenho térmico vem sendo estudado por simulações e medições episódicas. Não se trata, porém, de uma representação de uma leitura das temperaturas superficiais externas como as obtidas por câmeras termográficas. O que diferencia esta abordagem é a representação gráfica das temperaturas internas numa forma que chamaremos aqui de modelo termográfico. Trata-se, em suma, de uma maquete eletrônica, onde os valores de temperatura interna dos compartimentos são representados graficamente em uma escala de cores, dos mais “frios” aos mais “quentes”, permitindo identificar numa única visada os ambientes mais afetados pelos elementos climáticos.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Certificação energética. Simulações. Prédios públicos. Conforto ambiental.

Abstract

One of the challenges to a more detailed understanding of the thermal behavior of buildings is visualizing the effects of compartmentalization on temperature distribution. Therefore, we present here a multi-zone approach, where we seek to verify the behavior of larger buildings, aiming to identify environments with a greater tendency to heat or cool than others. The object of our case study is the building of the UFRGS Faculty of Architecture, whose thermal performance has been studied through simulations and episodic measurements. However, this is not a representation of external surface temperature readings like those obtained by thermographic cameras. What differentiates this approach is the graphical representation of internal temperatures in a format we will refer to here as a thermographic model. In short, it is a digital mockup where the internal temperature values of the compartments are graphically represented on a color scale, from the 'coldest' to the 'hottest', allowing us to identify at a single glance the environments most affected by climatic elements.

Keywords: Thermal performance. Energy certification. Simulations. Public buildings. Environmental comfort.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8693

INTRODUÇÃO

O campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) localiza-se junto ao núcleo histórico da cidade de Porto Alegre e concentra mais de dez edificações de grande porte destinadas ao ensino superior, além de estruturas menores dedicadas a museus, anexos, oficinas, cinema, observatório astronômico e centros culturais. Dentre essas edificações, grande parte é constituída por prédios construídos no início do século XX - localizados na antiga borda do centro da cidade - que hoje já se encontram tombados pelo patrimônio histórico. Os demais, erguidos principalmente entre as décadas de 1950 e 1960, são edifícios típicos da arquitetura modernista, cujas características originais, de igual modo, não podem ser alteradas.

No que tange ao consumo energético, há uma exigência da União para que novos prédios públicos sejam certificados com o selo A de eficiência energética. Embora em vigor desde 2009, as normas de certificação do PROCEL para edifícios comerciais, públicos e de serviços [1][2] ainda não se aplicam aos prédios da universidade, por não se tratarem de edificações novas. Na inexistência de obrigatoriedade, a análise do consumo energético da maioria dos prédios universitários acaba relegada a um segundo plano, embora já existam editais que contemplem essa categoria sob condições específicas.

Diante desse cenário, este estudo propõe uma abordagem para o problema, embasada em um conjunto de análises sobre o comportamento termo-luminoso de edificações diversas, já realizadas em menor escala pelo Laboratório de Conforto da Faculdade de Arquitetura da UFRGS (LABCON). Nesse sentido, o prédio da Faculdade de Arquitetura configura-se como o objeto ideal para um estudo de caso de maior porte, servindo como um projeto-piloto. Assim, o presente texto traz à discussão dados e situações de um problema cuja extensão e complexidade apenas começam a se delinear. E, neste sentido, o objetivo deste trabalho é propor e avaliar um modelo termográfico para representação espacial das temperaturas internas de edificações universitárias, visando subsidiar estratégias de *retrofit* energético.

OBJETO DE ESTUDO - A FACULDADE DE ARQUITETURA

Quanto ao objeto de estudo, o edifício da Faculdade de Arquitetura (Fig. 1), com área de 6.019 m², apresenta porte médio em relação às demais edificações do campus central. A título de comparação, os maiores prédios desse setor são a Reitoria, a Escola de Engenharia Nova e a Faculdade de Educação; os demais correspondem aos edifícios históricos supracitados, tombados pelo patrimônio histórico.

Volumetricamente, a edificação configura-se como um pódio. Possui um volume destacado destinado a salas de aula e ateliês (3º, 4º e 5º pavimentos), que se sobrepõe a uma base mais larga no térreo, a qual abriga o auditório, a biblioteca, o diretório acadêmico, a maquetaria e a cantina (Fig. 2). O pavimento intermediário — que atualmente concentra a direção, salas de reunião, setor administrativo, pós-graduação e o Laboratório de Conforto Ambiental — é recuado em relação ao térreo e ao volume superior, deixando aparentes os pilotis estruturais do prédio.

No bloco superior, a fachada nordeste é totalmente envidraçada, dotada de esquadrias metálicas de contrapeso que permitem ventilar um terço da sua área. Nas fachadas noroeste e sudoeste, a área envidraçada também é reduzida a um terço por meio de peitoris de alvenaria (com exceção das zonas que originalmente não abrigavam salas de aula). Nas demais orientações, as janelas são do tipo basculante de folha única, com abertura angular fixa em cerca de 20°. Na década de 1990, a fachada sudeste sofreu alterações com a inserção de aberturas de piso a teto, utilizando esquadrias de alumínio do tipo maxim-ar, peitoril fixo e espera para condicionadores de ar na porção superior.

Figura 1: Vista aérea de SE do Campus Central da UFRGS com o prédio da Faculdade de Arquitetura ao centro.



Fonte: Google Earth (acessado em 31/08/2024).

As características construtivas e parâmetros operacionais, conforme Tabela 1, impactam diretamente o comportamento térmico da edificação. A carga térmica de cada ambiente foi obtida automaticamente pelo motor de cálculo *EnergyPlus* a partir da combinação das cargas internas (ocupação, iluminação e equipamentos), das propriedades térmicas da envoltória, das condições de ventilação natural e dos ganhos solares incidentes sobre a edificação. Na fachada nordeste, onde se localizam os ateliês, as temperaturas internas tendem a ser significativamente mais elevadas. Essa condição resulta em ganho térmico favorável durante o inverno, desde que as esquadrias permaneçam fechadas. Nas meias-estações, contudo, a necessidade de ventilação natural obriga a abertura das janelas. Esse processo - muitas vezes dificultado pelo peso e pelo desgaste mecânico (emperramento) das esquadrias - permite o ingresso de ruído intenso proveniente do tráfego das avenidas circunvizinhas, prejudicando o conforto acústico e o desenvolvimento das atividades letivas. Ressalta-se ainda que, mesmo com as aberturas desobstruídas, a ventilação é ineficiente devido à dificuldade de se estabelecer ventilação cruzada. Essa situação agrava-se no quinto pavimento devido ao maior acúmulo de carga térmica na cobertura. Embora atualmente as salas disponham de condicionamento de ar artificial, o impacto real desse sistema no consumo energético é desconhecido, uma vez que o campus não dispõe de medição individualizada por edifício.

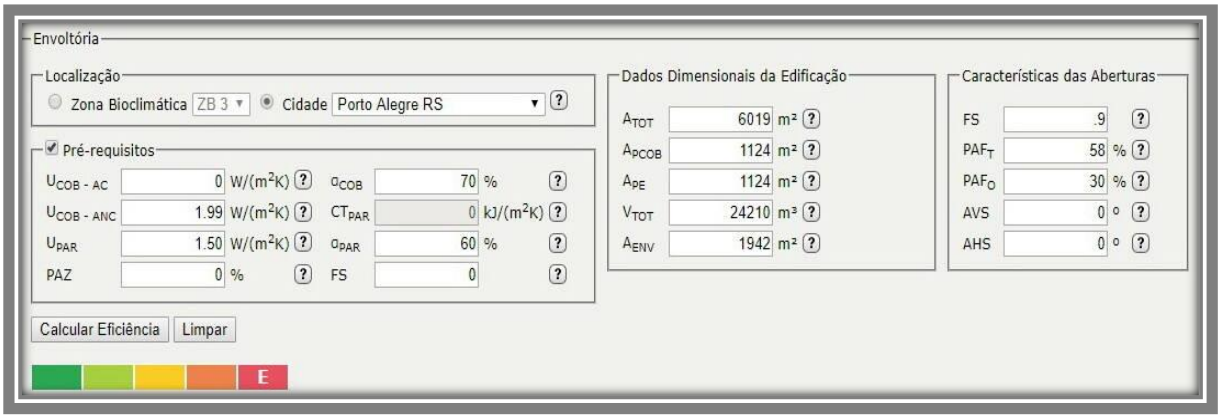
Tabela 1: Características construtivas e parâmetros operacionais

Parâmetro	Especificação	Transmitância
Paredes externas	Camada dupla de tijolos cerâmicos 6 furos com camada de ar interna	U = 1,63 W/m²·K
Paredes internas	Camada simples de tijolos cerâmicos 6 furos	U = 2,40 W/m²·K
Cobertura	Fibrocimento 6mm com camada de ar e laje maciça 8cm	U = 2,35 W/m²·K
Vidros	Vidro simples 3mm	U = 5,7 W/m²·K
Ocupação	Ocupação calculada a partir da população da edificação	0,35 pessoa/m², desocupado entre 22h e 7h, 130W/pessoa
Climatização	*Ideal Loads* Air System (*EnergyPlus*)	Resfriamento: 26 °C Aquecimento: 20 °C
Iluminação	Potência instalada levantada *in-loco*	
Equipamentos	Potência instalada dos equipamentos levantada *in-loco*	
Janelas	Fechadas nas simulações-base; abertas no período noturno no cenário de ventilação noturna	

Fonte: os autores.

Diante desse quadro, o prédio da Faculdade de Arquitetura atende aos requisitos necessários para a presente análise, visto que suas condições de habitabilidade encontram-se aquém dos padrões exigidos para edificações públicas contemporâneas. Torna-se evidente a necessidade de uma requalificação arquitetônica (*retrofit*). Para que o edifício atinja o nível "A" de eficiência energética do Procel, seriam imprescindíveis intervenções na envoltória, como a incorporação de dispositivos de sombreamento e a substituição dos vidros. Uma avaliação preliminar pelo método prescritivo (Fig. 2) classificou a envoltória do edifício no nível "E" de eficiência, corroborando a necessidade do estudo.

Figura 2: Cálculo preliminar da eficiência energética da envoltória do prédio da Faculdade de Arquitetura segundo o método prescritivo.



Nota: esta captura de tela é original do início da pesquisa. Em consulta realizada ainda este ano a classificação não se alterou.
Fonte: aplicativo *online* disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html (acessado em 31/08/2019).

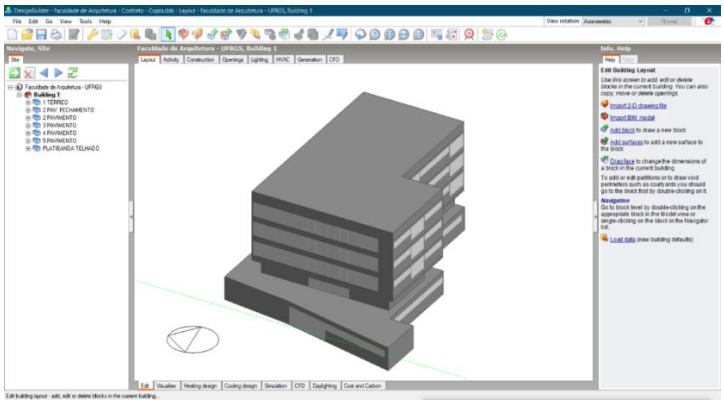
METODOLOGIA

O procedimento metodológico consiste na análise das temperaturas operativas (ou resultantes internas) em todos os ambientes do edifício. Para tal, utilizou-se o *software* de simulação termo-energética *DesignBuilder*, interface gráfica operada sobre o motor de cálculo *EnergyPlus*. As temperaturas foram estimadas considerando o estado atual da edificação durante duas semanas típicas: uma de verão e outra de inverno. Para validação do modelo, prevê-se o cotejamento desses resultados com medições termográficas *in loco* episódicas. Contudo, essa etapa impõe desafios metodológicos significativos quanto à calibração.

A verificação da acuidade dos modelos computacionais frente aos dados empíricos constitui um obstáculo recorrente em simulações de desempenho térmico. Trabalhos precedentes [3][4][5] já relataram dificuldades inerentes à manipulação de arquivos climáticos, ao desenvolvimento de rotinas de aproximação entre dados medidos e simulados, e à parametrização precisa do perfil de uso das edificações. Os *softwares* de simulação operam majoritariamente com arquivos climáticos padronizados, como o ano de referência do teste (*Test Reference Year* - TRY) [6][7][8], que representam agregações de médias históricas. Consequentemente, ao comparar simulações baseadas em dados TRY com medições de curto prazo, surgem divergências expressivas, fenômeno aqui designado como "discrepância". Para aproximar a simulação da situação real medida, torna-se imprescindível a customização do arquivo climático, ajustando-o às temperaturas locais verificadas durante o monitoramento do estudo de caso.

A despeito dessa complexidade, a edição da base de dados climáticos constitui um procedimento de calibração validado e previsto na própria documentação do *DesignBuilder* (Fig. 3). Trata-se de um processo de ajuste iterativo que exige compensações e cuidados específicos para mitigar as incertezas inerentes ao método computacional. A aplicação dessa técnica nas simulações deste estudo de caso demonstrou eficácia na redução das discrepâncias, resultando em modelos calibrados com margem de erro de aproximadamente ±1°C em relação às temperaturas aferidas localmente. Essa precisão é considerada aceitável para avaliações macro, alinhando-se às metodologias adotadas em propostas de requalificação (*retrofit*) de edifícios históricos, conforme demonstrado por Ascione [6].

Figura 3: Modelo do prédio no *DesignBuilder*.



Fonte: autores.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8693

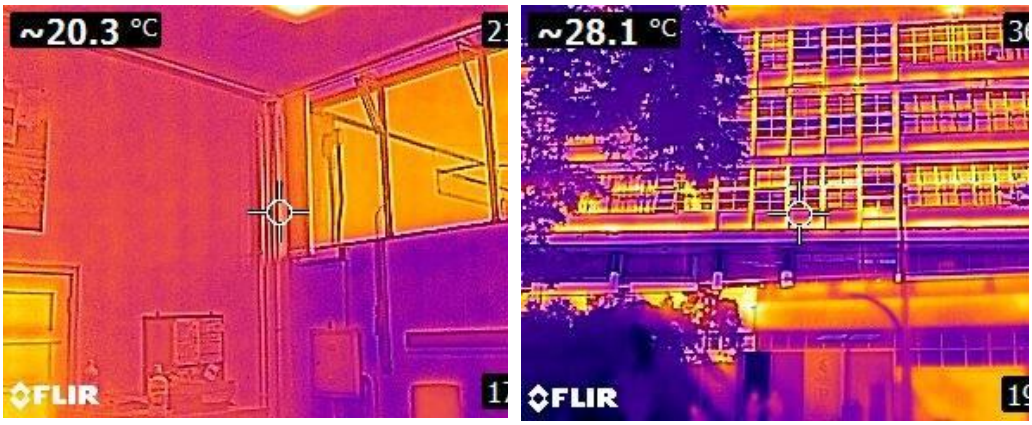
PROJETO PILOTO

Para a viabilidade da pesquisa, definiu-se a necessidade de estabelecer um projeto-piloto em um edifício de fácil acesso, que oferecesse condições de segurança para os equipamentos de medição, isolando-os do alcance dos usuários. Ademais, exigia-se que a edificação possuísse levantamento arquitetônico atualizado e disponível.

Ao selecionar o edifício da Faculdade de Arquitetura para esse fim, o escopo inicial previu o levantamento da capacidade instalada, o mapeamento da rede elétrica e das rotinas de ocupação, visando estruturar um banco de dados de consumo horário diário ao longo do ano. Como o prédio não possui medição individualizada, planejou-se a utilização de analisadores de energia com coleta de dados via aplicativos móveis. Contudo, devido à entrada de energia na edificação ocorrer em alta tensão, a instalação desses equipamentos depende de tratativas institucionais com o setor de infraestrutura da Universidade, configurando-se como uma limitação atual da pesquisa.

A intenção seria realizar o monitoramento termográfico automático e contínuo, todavia, aguarda-se recurso para implementação do mesmo. Entretanto, o uso de câmeras termográficas pode ser viável por verificar a temperatura radiante instantânea de ambientes internos e da envoltória (Fig. 4), em registros episódicos, cujos recursos se encontram em fase de incorporação ao conjunto da pesquisa.

Figura 4: Medição por câmera termográfica.



Nota: medição interna de sala do prédio à esquerda e externa da fachada do prédio à direita. Fonte: autores.

SIMULAÇÕES E RESULTADOS

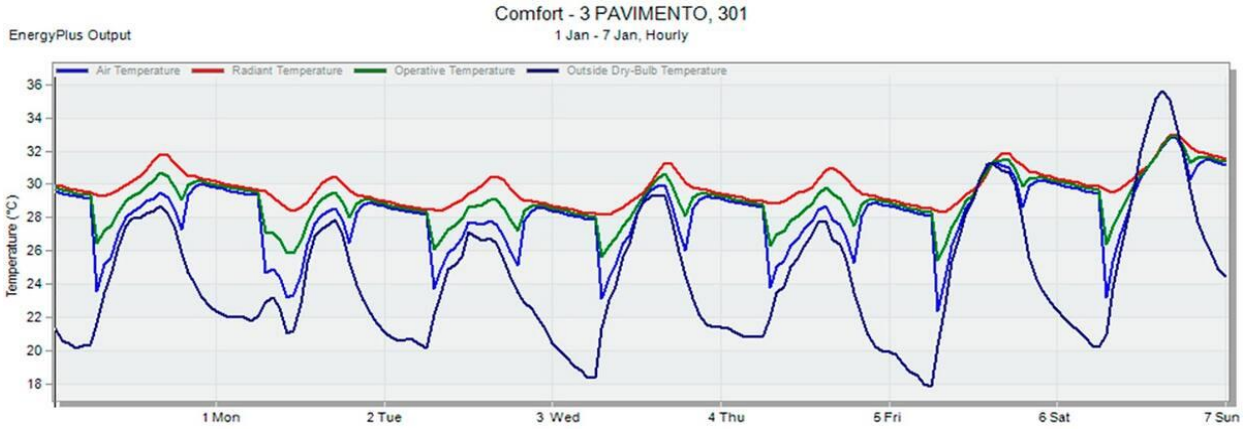
Em uma primeira aproximação, as aferições concentraram-se nas salas localizadas nas extremidades da edificação. Avaliou-se a fachada Nordeste (NE) - caracterizada pela alta exposição solar matutina e vespertina - e a fachada Sudoeste (SO), em situação geométrica análoga, porém com menor incidência de radiação. As simulações acompanharam essas mesmas zonas em prumadas verticais. Embora algumas salas na prumada NE tenham sofrido alterações dimensionais ao longo do tempo, esse fator não foi considerado determinante para variações microclimáticas significativas, visto que as características da envoltória permaneceram inalteradas. Os efeitos da inércia

térmica foram avaliados a partir de simulações com recortes temporais de sete dias. Dada a extensão do volume de dados gerados, o presente artigo recorta e apresenta alguns exemplos de situações sintomáticas observadas durante os períodos típicos de verão e de inverno.

ATELIÊS

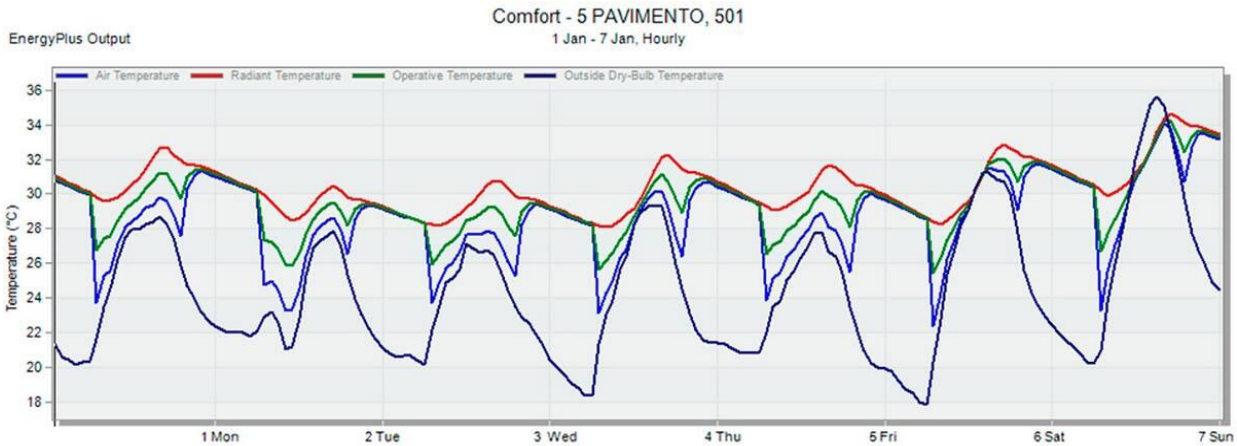
Os gráficos das Figuras 5 e 6 ilustram ganhos térmicos expressivos no 5º e último pavimento, decorrentes, sobretudo, da elevação da temperatura radiante (linha vermelha) proveniente da laje de cobertura, que carece de isolamento térmico. Em ambos os andares simulados, embora a temperatura do ar (linha azul-clara) apresente queda noturna, essa redução é insuficiente para dissipar o calor acumulado ao longo do dia, configurando um severo e indesejado efeito estufa. Trata-se de uma condição de elevado estresse térmico, induzida pelo fechamento ininterrupto das esquadrias durante todo o período analisado. Embora figure como um cenário-limite simulado para fins comparativos, essa dinâmica reflete com exatidão a realidade das salas mantidas fechadas durante o recesso acadêmico de verão, período em que as temperaturas noturnas internas não recuam para valores inferiores a 29 °C.

Figura 5: Temperatura interna dos ateliês (fachada NE) em situação de verão, sala 3º andar, com janelas fechadas.



Fonte: autores.

Figura 6: Temperatura interna dos ateliês (fachada NE) em situação de verão, sala 5º andar, com janelas fechadas.



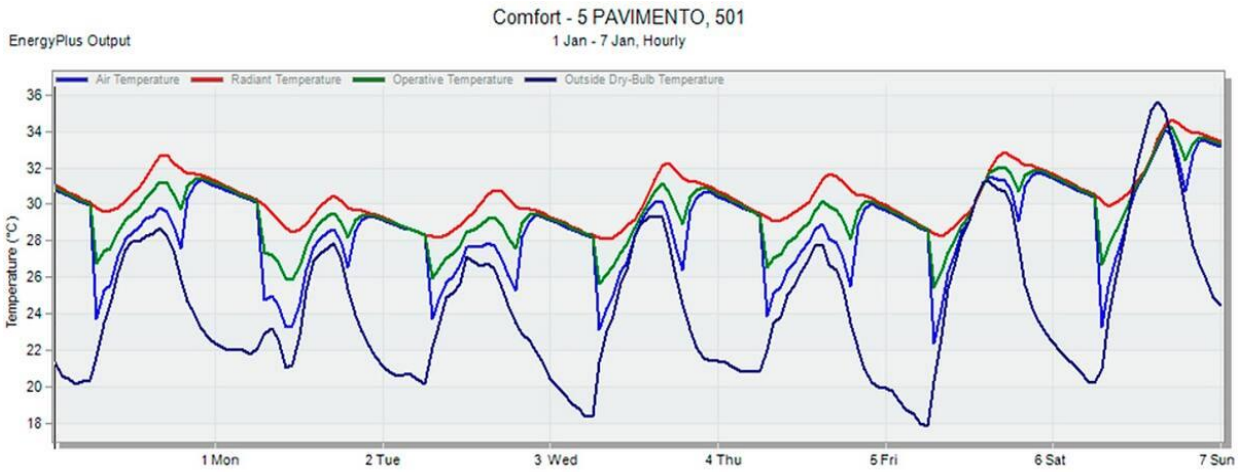
Fonte: autores.

VENTILAÇÃO NOTURNA

No mesmo cenário de verão, a adoção contínua de ventilação noturna revela impactos evidentes, reduzindo expressivamente tanto a temperatura do ar (linha azul-clara) quanto a radiante (linha vermelha). Os benefícios dessa dissipação prolongam-se pelo dia, gerando quedas de até 2 °C nas temperaturas internas (Figs. 7 e 8). Para facilitar a comparação, a Fig. 7 replica o gráfico da Fig. 5.

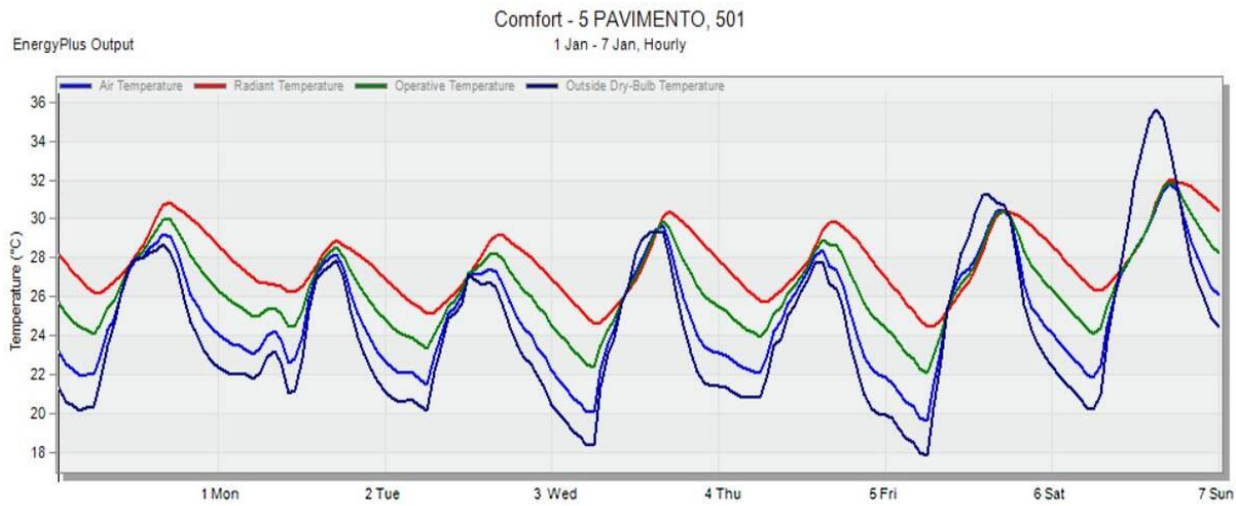
O interesse em avaliar essa estratégia de resfriamento noturno (*night cooling*) surgiu de observações empíricas in loco: constatou-se que ambientes cujas janelas permaneciam abertas à noite - mesmo que não intencionalmente - amanheciam sensivelmente mais frescos, o que motivou a quantificação computacional do fenômeno

Figura 7: Temperatura interna dos ateliês (fachada NE) em situação de verão com ventilação noturna, sala 5º andar.



Nota: gráfico da figura 6 replicado para facilitar a comparação com o gráfico da figura 8. Fonte: autores.

Figura 8: Temperatura interna dos ateliês (fachada NE) em situação de verão com ventilação noturna, sala 5º andar.



Fonte: autores.

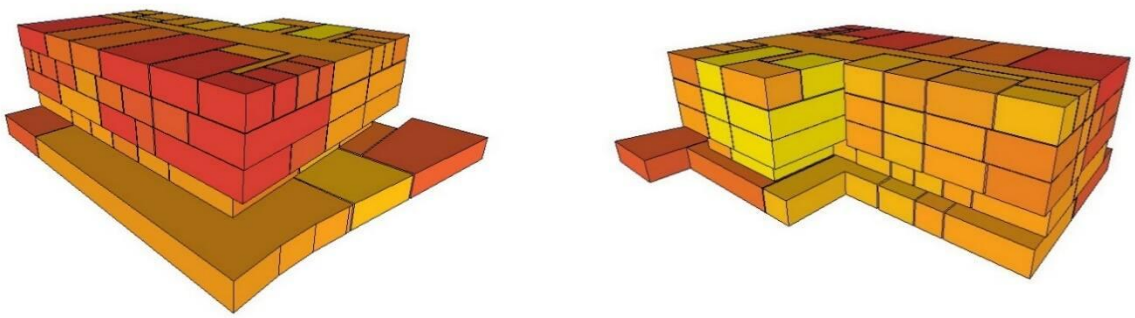
MODELO TERMOGRÁFICO

Como instrumento auxiliar de análise, propusemos um procedimento gráfico destinado à visualização da dinâmica térmica interna de edifícios ao qual aqui denominamos modelo termográfico. Diferentemente dos mapas de temperatura convencionais disponibilizados pelos softwares de simulação, o modelo proposto integra a distribuição espacial das temperaturas resultantes internas ao modelo tridimensional completo da edificação, permitindo identificar rapidamente os ambientes prioritários para intervenções de *retrofit* e apoiar a comunicação dos resultados com projetistas e gestores.

Na Figura 9 (esquerda), por exemplo, podemos observar a transposição dos resultados das simulações para os períodos de verão e inverno. O modelo permite identificar com clareza o nível de estresse térmico ao qual cada compartimento está submetido. No cenário de verão, observa-se sobrecarga térmica nas fachadas de orientação Norte, especialmente na extremidade Noroeste (Fig. 9, à esquerda), onde os ateliês registram temperaturas de 3 a 4 °C superiores às demais salas no período vespertino. Verifica-se, ainda, um incremento térmico progressivo em função da altura do pavimento e da proximidade com a face Noroeste. Em contrapartida, as salas localizadas na face oposta (Fig. 9, à direita) apresentam elevação térmica mínima, favorecidas pela orientação Leste e insolação matinal moderada.

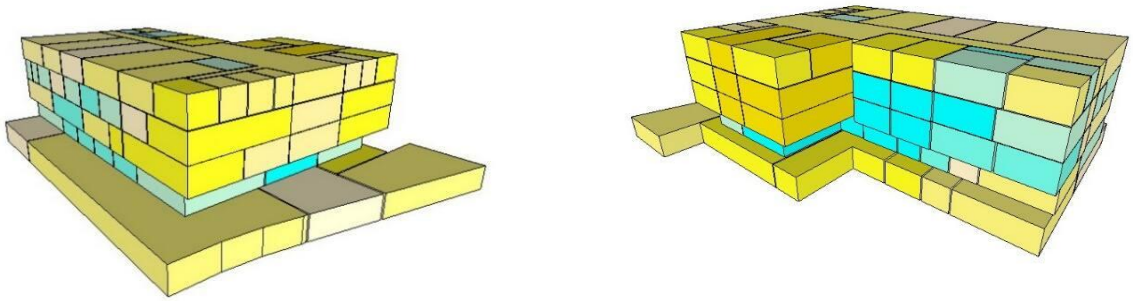
No período de inverno, os benefícios da radiação solar são notáveis, particularmente nos ateliês (Fig. 10, à esquerda), que prescindem de aquecimento suplementar mesmo em dias de frio intenso. Todavia, na fachada Sudoeste, a ausência de insolação torna os ambientes excessivamente frios, demandando o uso de climatização artificial (Fig. 10, à direita). A análise da sazonalidade revela uma inversão de desempenho: embora os ateliês apresentem comportamento adequado ao inverno local, tornam-se ambientes de forte sobrecarga térmica no verão. Paralelamente, as salas de aula apresentam desconforto térmico acentuado em ambas as estações, devido ao isolamento deficiente das esquadrias durante o inverno e à ventilação insuficiente durante o verão, condição esta agravada em dias de alta umidade relativa do ar.

Figura 9: Modelo termográfico: visualização externa da distribuição das temperaturas internas no período de verão.



Fonte: autores. O modelo mostra as vistas NO (esquerda) e SE (direita).

Figura 10: Modelo termográfico: visualização externa da distribuição das temperaturas internas no período de inverno.



Fonte: autores. O modelo mostra as vistas NO (esquerda) e SE (direita).

CONCLUSÕES

O Modelo Termográfico encontra-se em desenvolvimento e propõe-se não apenas a instrumentar futuras ações de *retrofit*, mas também a atuar como ferramenta pedagógica. À semelhança de mapas de previsão meteorológica, o modelo permite a visualização preditiva do comportamento térmico da edificação sob variadas circunstâncias, viabilizando o diagnóstico ágil de zonas suscetíveis a extremos de temperatura e a proposição de soluções arquitetônicas pontuais. Ademais, considerando o elevado custo de implementação de dispositivos de proteção solar, torna-se imperativa a adoção de estratégias localizadas, priorizando os setores onde a sobrecarga térmica compromete severamente a habitabilidade e onde a redução do consumo com condicionamento artificial represente, de fato, economia significativa.

Conforme destacado inicialmente, a complexidade do caso transcende o mero desempenho termo-energético. O edifício da Faculdade de Arquitetura é um marco da arquitetura modernista e integra o patrimônio histórico da cidade. Consequentemente, eventuais intervenções estão sujeitas à aprovação dos órgãos de preservação, o que restringe drasticamente a aplicação de dispositivos de controle ambiental que alterem as características originais das fachadas. Torna-se necessária, portanto, a busca por soluções de projeto menos invasivas, de baixo impacto visual, ou ainda a adoção de sistemas híbridos que consorciem múltiplos dispositivos complementares. Os resultado**s** aqui expostos nas simulações e no modelo termográfico representam alguns exemplos de comportamento climático do prédio em situações extremas de calor e frio.

A pesquisa segue em andamento, englobando um amplo volume de dados e cenários adicionais - como o comportamento detalhado das salas de aula e ateliês durante o inverno - cuja extensão extrapola o escopo deste artigo. Como desdobramento futuro, a próxima etapa já deverá incluir novas simulações e teste de dispositivos de controle solar com o intuito primordial de averiguar sua efetividade na mitigação das

temperaturas internas dos ateliês durante períodos de calor. E, da mesma forma, verificar o impacto do isolamento de aberturas nas salas de aula sobre as temperaturas internas em situações de frio.

Com tudo isso, e nos apoiando nos procedimentos do RTQ-C, pretendemos demonstrar a possibilidade de propor dispositivos de mediação climática capazes de serem aplicados de forma minimamente invasiva num prédio inventariado pelo patrimônio histórico municipal. Se hoje o mesmo obteria classificação “E” de eficiência energética pelo Procel, os esforços no sentido de obter como “B” ou até mesmo”A” poderiam qualificá-lo a participar de editais focados em sustentabilidade e economia de energia, capazes de auferir os recursos necessários para a viabilização de seu necessário *retrofit*.

AGRADECIMENTOS

PROPESQ-UFRGS

DECLARAÇÃO

Declaramos que foi utilizado o CHATGPT para a tradução e verificação sintática da versão em inglês do *abstract*.

REFERÊNCIAS

[1] Brasil. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Portaria 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010.

[2] Brasil. PBE Edifica - PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. Portaria nº 309 de 06/09/2022. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/INIC/Port_309_2022_Edificacoes_Retificada%2003_INIC.pdf

[3] CORRÊA, S.E.M; ANZOLCH, R. **Avaliação da Iluminação Natural em Prédios Públicos: o caso da Faculdade de Arquitetura**. 24º Congreso Arquisur - Universidad y Sociedad em la pospandemia. Libro de Ponencias y Workshops. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, 2021. p. 1463-73.

[4] ANZOLCH, R; GIRALT, R.P. **Eficiência Energética em Prédios Públicos: o caso da Faculdade de Arquitetura**. 23º Congreso Arquisur - Universidad y Sociedad em la pospandemia. Anais. Belo Horizonte, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

[5] ANZOLCH, R; GIRALT, R P; WEBER, M. E. **Solar Lopo Gonçalves: Análise de desempenho térmico de edifício patrimoniado**. 22º Congreso Arquisur, Rosario. Libro de Ponencias. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2018. p. 1119-27.

[6] CORRÊA, S.E.M; ANZOLCH, R. **Dispositivo compositivo e ambiental: a experimentação do brise-soleil**. 22º Congreso Arquisur, Rosario. Libro de Ponencias. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2018. p. 874-84.

[7] OLIVERA, l. et al**. Importância da definição da temperatura do solo para o processo de simulação termoenergética de edificações**. In: anais do XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012. p. 2350-58.

[8] ROSSI, F A. (2009). **Atualização do ano climático de referência para Curitiba**. In: Anais do X ENTAC - Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Natal, 2009. p. 199-207.

[9] ASCIONE F, ROSSI F, VANOLI, G P**. Energy retrofit of historical buildings: theoretical and experimental investigations for the modelling of reliable performance scenarios**. Energy buildings. Elsevier, 2011. Disponível em: www.elsevier.com/locate/enbuild (acessado em 26/07/2019)