

Análise das estratégias passivas de conforto térmico no Hospital Universitário da UFSCar

Analysis of passive thermal comfort strategies at the UFSCar University Hospital

Análisis de las estrategias pasivas de confort térmico en el Hospital Universitario de UFSCar

Karime Zeferino S. Alves Costa* 

Universidade de São Paulo; Instituto de Arquitetura e Urbanismo; Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.
São Carlos (SP), Brasil.
karimezs@usp.br

Eduvaldo Paulo Sichieri 

Universidade de São Paulo; Instituto de Arquitetura e Urbanismo; Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.
São Carlos (SP), Brasil.

* Autora correspondente.

CRediT

Contribuição de autoria: Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Metodologia; Validação; Visualização; Redação – rascunho original; Visualização – revisão e edição: COSTA, Karime Zeferino de Souza Alves da; Metodologia; Supervisão; Validação; Redação – revisão e edição: SICHIERI, Eduvaldo Paulo.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não há conflito de interesse.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Aprovação de ética: Os autores certificam que não houve necessidade de aprovação do Comitê de Ética.

Uso de I.A.: Os autores certificam que não houve uso de inteligência artificial na elaboração do trabalho.

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana (Editor-Chefe); Joara Cronemberger (Editora Associada); Vanda Alice Garcia Zanoni (Editora Associada); Lívia Santana (Editora Associada); Sophia S. Carvalho (Assistente Editorial).

Resumo

A arquitetura hospitalar influencia diretamente o conforto térmico e bem-estar dos pacientes e funcionários. O Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos, projetado por João Filgueiras Lima, incorpora estratégias de conforto e eficiência energética típicas de seus projetos, embora não tenha sido executado pela Rede Sarah. A pesquisa em questão examinou as estratégias projetuais e seu impacto no conforto térmico durante o verão, utilizando análise projetual, medições ambientais, questionários e um cruzamento subsequente dos dados. Embora o hospital possua diversas estratégias de condicionamento térmico passivo, o sistema não opera conforme o esperado, em parte devido a adaptações realizadas ao longo do tempo. Além disso, os funcionários, desconhecendo o funcionamento adequado das estratégias de ventilação, não estão utilizando os sistemas conforme planejado, o que contribui para o desconforto térmico observado. As velocidades do ar, que variam entre 0,1 m/s e 0,2 m/s, são insuficientes para proporcionar resfriamento térmico adequado. Assim, a pesquisa resalta a importância da capacitação dos funcionários para o uso adequado das estratégias de ventilação em condições favoráveis.

Palavras-Chave: Conforto térmico; Ventilação natural; Arquitetura hospitalar; João Filgueiras Lima – Lelé.

Abstract

Hospital architecture directly influences the thermal comfort and well-being of patients and staff. The University Hospital of the Federal University of São Carlos, designed by João Filgueiras Lima, incorporates comfort and energy efficiency strategies typical of his projects, although it was not executed by the Rede Sarah. The research examined the design strategies and their impact on thermal comfort during the summer, using design analysis, environmental measurements, questionnaires, and subsequent data cross-referencing. Although the hospital employs various passive thermal conditioning strategies, the system does not function as expected, partly due to adaptations made over time. Additionally, staff, unaware of how to properly operate the ventilation strategies, are not using the systems as planned, contributing to the observed thermal discomfort. Air velocities, ranging from 0,1 m/s to 0,2 m/s, are insufficient to provide adequate thermal cooling. Thus, the research highlights the importance of training staff to properly use ventilation strategies under favorable conditions.

Keywords: Thermal comfort; Natural ventilation; Hospital architecture; João Filgueiras Lima – Lelé.

Resumen

La arquitectura hospitalaria influye directamente en el confort térmico y el bienestar de los pacientes y el personal. El Hospital Universitario de la Universidad Federal de São Carlos, diseñado por João Filgueiras Lima, incorpora estrategias de confort y eficiencia energética típicas de sus proyectos, aunque no fue ejecutado por la Rede Sarah. La investigación examinó las estrategias de diseño y su impacto en el confort térmico durante el verano, utilizando análisis de diseño, mediciones ambientales, cuestionarios y un cruce posterior de los datos. Aunque el hospital emplea diversas estrategias de acondicionamiento térmico pasivo, el sistema no funciona como se esperaba, en parte debido a adaptaciones realizadas con el tiempo. Además, el personal, al desconocer el funcionamiento adecuado de las estrategias de ventilación, no está utilizando los sistemas como se planeó, lo que contribuye al malestar térmico observado. Las velocidades del aire, que varían entre 0,1 m/s y 0,2 m/s, son insuficientes para proporcionar un enfriamiento térmico adecuado. Así, la investigación resalta la importancia de capacitar al personal para el uso adecuado de las estrategias de ventilación en condiciones favorables.

Palabras clave: Confort térmico; Ventilación natural; Arquitectura hospitalaria; João Filgueiras Lima – Lelé.

1 Introdução

Os edifícios hospitalares desempenham um papel vital no atendimento à saúde, sendo projetados para favorecer a recuperação e o bem-estar dos pacientes, ao mesmo tempo em que favorecem a eficiência e a produtividade dos profissionais. Nesse contexto, a ventilação adequada e a circulação do ar são fatores cruciais, não apenas para garantir o conforto térmico, mas também para atender aos rigorosos requisitos de higiene exigidos em ambientes de alta complexidade.

A ventilação natural, que consiste no deslocamento do ar interno por meio de aberturas, servindo como entrada e saída (Toledo, 1999), é uma estratégia importante para o resfriamento passivo e a manutenção da qualidade do ar das edificações. Enquanto a ventilação voltada para a qualidade do ar tem caráter permanente e se concentra na remoção de poluentes e na renovação do ambiente, a ventilação para conforto térmico, foco desta pesquisa, visa criar um espaço que proporcione uma sensação de bem-estar aos ocupantes (Rivero, 1985). Geralmente, a quantidade de ventilação necessária para manter o conforto térmico é superior à necessária para a renovação do ar.

A ventilação para conforto térmico age como potencializador do arrefecimento corporal por convecção e auxilia na remoção da umidade da pele pela evaporação, aumentando a perda de calor decorrente da radiação solar e ganhos internos (Cotta, 2021). O aumento do movimento do ar tem sido amplamente adotado para mitigar o desconforto térmico dos ocupantes quando as temperaturas internas ultrapassam 28°C. No entanto, seu efeito de resfriamento é menos eficaz acima de 32°C, mesmo que os ocupantes possam controlar o fluxo de ar ao seu redor (Zhou *et al.*, 2023).

Em climas quentes e úmidos, o movimento do ar é crucial para a troca de calor entre o corpo e o ambiente, ajudando a reduzir a sensação de calor. Além disso, é importante manter os níveis de umidade do ar dentro de faixas aceitáveis, pois estudos mostram que essa variável afeta diretamente a sensação térmica das pessoas (Cândido *et al.*, 2011). Portanto, quando a temperatura e a umidade estão elevadas e o movimento do ar é baixo, o conforto térmico pode não ser atingido.

Diversos estudos, como o de Cândido *et al.* (2010), investigaram o impacto de diferentes velocidades do vento na sensação de resfriamento, conforme apresentado na Tabela 1. Além disso, a ASHRAE 55 (2017) recomenda que a umidade relativa em ambientes de saúde variem entre 30% e 60%.

Tabela 1: Limites de aceitabilidade da velocidade do ar nos ambientes internos.

Velocidade do ar (m/s)	Situação ocasionada
0 – 0,2	Ventilação natural imperceptível
0,2 – 0,4	Ventilação natural perceptível
0,4 – 0,8	Ventilação natural satisfatória (há redução da carga térmica e contribui para o conforto)
Acima de 0,8	Controle necessário (causa incômodos como levantamento de papéis, desordem de cabelos, roupas e objetos)

Fonte: Cândido *et al.* (2010).

O conforto térmico, segundo a ASHRAE 55 (2017), é um estado de satisfação com o ambiente térmico, influenciado por adaptações fisiológicas, variáveis ambientais e fatores individuais. As variáveis ambientais (temperatura, temperatura radiante média,

umidade relativa e velocidade do ar) são medidas *in loco*, com excessão da temperatura radiante média, que é calculada (ISO 7726, 1998). Aspectos pessoais, como resistência térmica da vestimenta e taxa metabólica, podem ser avaliados conforme a norma ISO 7730 (2005). Variáveis subjetivas, que incluem percepções e preferências, são coletadas através de questionários que fornecem escalas para dados confiáveis sobre conforto e estresse térmico. Portanto, o conforto térmico resulta da interação entre fatores objetivos e subjetivos.

Nesse cenário, a Resolução da Diretoria Colegiada n.º 50 (RDC-50), emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), oferece diretrizes importantes para o planejamento de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Tratando-se de um hospital, nem todos os ambientes estão aptos a implantarem estratégias passivas, em razão do seu nível de complexidade e risco de contaminação (ANVISA, 2012). Áreas semicríticas e áreas não críticas oferecem oportunidades significativas para utilizar a ventilação natural.

Neste sentido, os hospitais da Rede Sarah, projetados por João Filgueiras Lima, são exemplos notáveis de integração de normas e necessidades humanas, priorizando ventilação e iluminação naturais para economizar energia e criar ambientes agradáveis e humanizados (Lukiantchuki, 2010). Esses hospitais priorizam a ventilação e a iluminação naturais, visando otimizar a eficiência energética e criar ambientes agradáveis.

Lukiantchuki (2010) analisou as estratégias de conforto térmico e ventilação natural nos hospitais da Rede Sarah, focando nas diferenças entre as unidades de Salvador e Rio de Janeiro. Suas medições *in loco* revelaram que, embora ambos os locais apresentassem climas quentes e úmidos, as soluções projetuais e as respostas térmicas variaram, sendo constatado um desconforto para calor nos ambientes monitorados do hospital de Salvador, ao contrário do hospital do Rio de Janeiro, em que os ambientes encontravam-se dentro da zona de conforto requerida pela ASHRAE 55.

Cestavo (2021) analisou as temperaturas nas enfermarias do Hospital Sarah no Rio de Janeiro por meio de simulações. O estudo revelou que as concentrações de dióxido de carbono eram mais elevadas com o forro fechado e que a temperatura era mais amena com o forro aberto. Mesmo assim, em algumas situações com o forro aberto, as temperaturas ultrapassaram os limites recomendados pela NBR 16401, o que tornou necessária a ventilação híbrida. No projeto do hospital, Lelé incorporou ventilação natural para dias com grande incidência de ventos, ventilação mecânica para dias sem vento e climatização por ar-condicionado para dias de calor extremo e áreas que exigem controle rigoroso da temperatura.

No caso do Hospital Universitário de São Carlos, objeto de estudo desta pesquisa, o projeto original foi doado por João Filgueiras Lima, em 2004, para a Prefeitura Municipal de São Carlos, com a intenção de ser construído pelo Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS). Entretanto, uma decisão do Tribunal de Contas da União impediu a exportação da produção do CTRS fora da Rede Sarah. Como resultado, a Prefeitura Municipal de São Carlos realizou uma licitação para a construção do Hospital, e o projeto foi ajustado com a colaboração dos escritórios Brasil Arquitetura e Apiacás Arquitetos.

O edifício incorpora elementos como *sheds*, forros basculantes, fachadas envidraçadas, vegetação e espelhos d'água, com o propósito de criar um ambiente saudável e termicamente confortável. No entanto, foram constatadas adaptações projetuais que descharacterizaram as estratégias de condicionamento passivo inicialmente pensadas.

Sendo assim, tem-se como objetivo analisar, a nível projetual, como as estratégias de condicionamento térmico passivo do Hospital Universitário da UFSCar foram pensadas e como estão funcionando atualmente, levando em consideração seu impacto no conforto térmico dos ocupantes.

2 Materiais e método

A pesquisa se configura como um estudo de caso que investiga a condição de conforto térmico do Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos, localizado em São Carlos/SP, que possui estratégias passivas de condicionamento térmico. Desta forma, o método utilizado foi estruturado em três etapas principais:

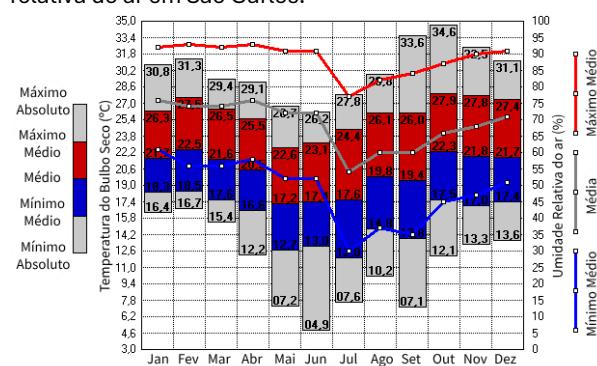
- Caracterização climática de São Carlos;
- Lvantamento de dados;
- Análise de conforto térmico.

A caracterização climática define as condições ambientais que afetam o desempenho térmico da edificação. O levantamento de dados inclui visitas ao hospital e entrevistas com os responsáveis pelo projeto, permitindo o entendimento das estratégias construtivas. Para analisar o conforto térmico, são feitas medições de temperatura, umidade e velocidade do ar, além de questionários para captar as percepções dos ocupantes. A combinação de dados quantitativos e qualitativos possibilita uma avaliação abrangente, comparando as condições reais com as experiências dos usuários. Além disso, a análise qualitativa do projeto compara o conforto proposto com os resultados das medições, avaliando a eficácia das estratégias de condicionamento térmico em relação ao plano inicial.

2.1 Caracterização climática de São Carlos

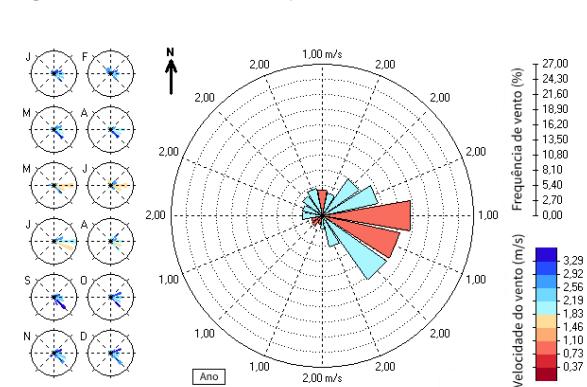
São Carlos está localizada no interior do estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil, a cerca de 232 km da capital. Encontra-se a $21^{\circ}35'45''$ e $22^{\circ}09'30''$ de latitude sul e $47^{\circ}43'04''$ e $48^{\circ}05'26''$ de longitude oeste. Conforme a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é Aw, compreendido por um clima tropical com verão úmido e inverno seco, e Cwa, que seria um clima subtropical úmido de inverno seco.

Figura 1: Médias mensais da temperatura e da umidade relativa do ar em São Carlos.



Fonte: Adaptada de EPvieW (Roriz; Roriz, 2015).

Figura 2: Rosa-dos-ventos para a cidade de São Carlos.



Fonte: Adaptada de EPvieW (Roriz; Roriz, 2015).

Com base nos dados gerados pelo arquivo climático da cidade de São Carlos (EPW), elaborado por Roriz (2012) e atualizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) juntamente com Dru Crawley e Linda Lawrie (Laboratório [...];

Crawley; Lawrie, 2015), a Figura 1 apresenta o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar ao longo dos meses do ano, e a Figura 2, a rosa-dos-ventos. As médias mínimas mensais da temperatura do ar variam de 12°C a 18,5°C, e as máximas de 22,6°C a 27,9°C. As médias da umidade relativa do ar estão entre 55% e 75%, tendo uma queda considerável no mês de julho. Com relação aos ventos, a direção predominante dos ventos encontra-se entre sudeste e nordeste, com velocidade do vento de 0,7 m/s a 2,2 m/s.

2.2 Levantamento de dados

Foram realizadas visitas *in loco*, acompanhadas de levantamento fotográfico e supervisionadas pelos profissionais da área da construção do hospital, conforme detalha o Quadro 1. Após a submissão da documentação necessária, incluindo o projeto de pesquisa, o Termo de Compromisso para o Desenvolvimento de Projetos de Pesquisa no Hospital Universitário – UFSCar e a autorização do projeto pela Plataforma Brasil, aguardou-se a liberação do hospital para a retomada das pesquisas que foram interrompidas durante a pandemia de COVID-19, devido ao risco e à sobrecarga que os sistemas de saúde enfrentaram.

Quadro 1: Detalhamento do levantamento de dados no Hospital Universitário da UFSCar.

Objetivo	Dia	Hora	Duração
Conhecer o hospital e suas estratégias de conforto; buscar orientação para autorização da pesquisa.	09/10/2019	14h30min	1h30min
Observar e analisar o fluxo do hospital, clima externo x interno, paisagismo, implantação; buscar informação especializada sobre as questões projetuais e construtivas; investigar modificações e motivações; registro fotográfico.	09/04/2021	14h	2h
Selecionar os ambientes para análise; sanar dúvidas existentes; registro fotográfico.	23/07/2021 15-22/10/2021	09h30min 07h/14h/19h	2h30min -

Fonte: Costa (2022).

Após as três visitas iniciais, as subsequentes foram dedicadas aos períodos de medição (02/02/2022 - 25/02/2022), mantendo a continuidade da documentação fotográfica. Este período foi supervisionado pelo engenheiro mecânico, com auxílio dos funcionários da manutenção que oferecem suporte ao hospital 24 horas por dia.

Além disso, foram conduzidas entrevistas com os arquitetos que estiveram à frente da construção do HU-UFSCar, buscando informações sobre o projeto, alterações e desafios. O escopo das entrevistas foi incluído no projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa por meio da Plataforma Brasil, seguindo protocolos apropriados. Com a devida aprovação, as entrevistas com os escritórios foram conduzidas de forma remota, no dia 13/08/2020, em resposta ao cenário pandêmico, com a participação do arquiteto sócio-fundador da Apiácas Arquitetos e do arquiteto sócio-fundador da Brasil Arquitetura.

Com base no material adquirido nesse levantamento de dados e o auxílio da literatura especializada, o projeto foi caracterizado, trazendo informações sobre a implantação do edifício, materiais e estratégias de condicionamento utilizados, além das principais modificações identificadas, que pudessem ter relação com o desempenho térmico das estratégias de conforto térmico.

2.3 Análise de conforto térmico

Foram selecionados ambientes que eram naturalmente ventilados, atentando-se às exigências de aplicabilidade do modelo adaptativo de conforto térmico da ASHRAE 55 (2017) e o contexto de pandemia, que impactou o funcionamento dos hospitais. Os critérios contemplados foram: a) possuir aberturas operáveis e disponíveis aos usuários; b) apresentar atividade e vestimenta compatível às exigências do modelo adaptativo; c) não ter equipamento de condicionamento de ar em operação nos dias analisados; d) disponibilidade dos ocupantes e responsáveis pelo espaço em contribuir com a pesquisa; e) ambientes de permanência prolongada pelos funcionários.

Sendo assim, com o auxílio do engenheiro do hospital, foram selecionados cinco ambientes para a análise, sendo eles o subsolo técnico (Figura 3); a recepção principal (Figura 4); a sala da chefia do Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico (Figura 5); e a recepção de emergência (Figura 6). Além desses ambientes, foram realizadas medições pontuais na área de espera do hospital (Figura 7). Para referência das condições ambientais externas, foram utilizados os dados de medição da Estação Meteorológica da UFSCar, levando em consideração a proximidade com o hospital. O padrão dessas estações é o registro UTC, que convertido para o horário de Brasília equivale a três horas a menos.

Figura 3: Ponto no subsolo técnico.



Figura 4: Ponto na recepção principal.



Figura 5: Ponto na chefia do SADT.



Figura 6: Ponto na recepção de emergência.

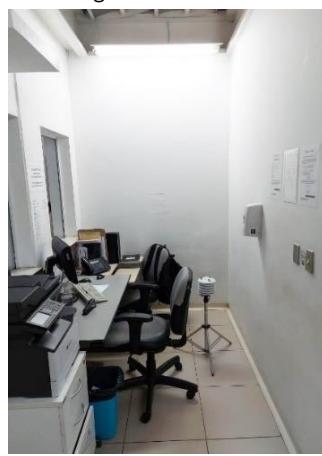
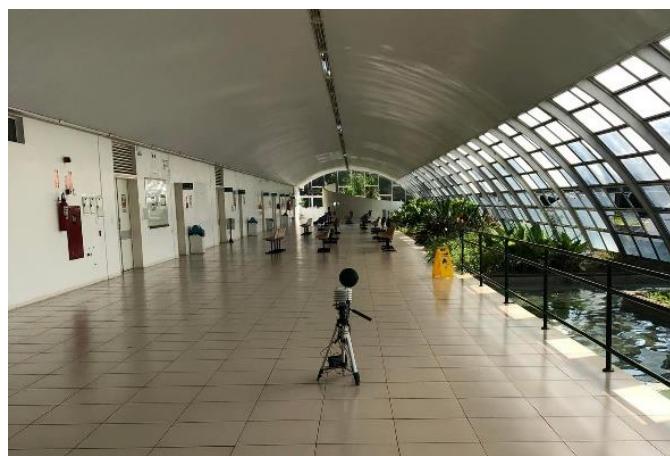


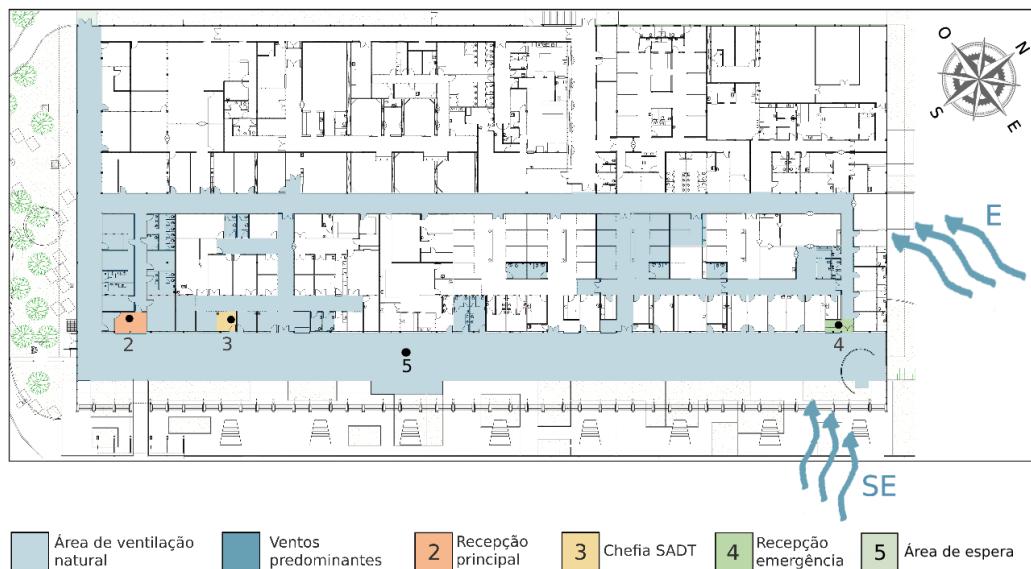
Figura 7: Ponto de medição na área de espera.



Fonte: Costa (2022).

Todos os ambientes escolhidos estão localizados no bloco B, sendo o bloco mais ativo e concluído do hospital (Figura 8). Esses espaços prescindem de sistemas de ar condicionado e apresentam forros basculantes. Cabe ressaltar que as venezianas estão presentes apenas nos ambientes do Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico - SADT. O único ambiente que recebe insolação direta é a área de espera, com acesso à fachada sudeste do edifício, onde estão presentes os espelhos d'água, jardins e fachada envidraçada.

Figura 8: Zonas térmicas escolhidas para análise climática.



Fonte: Costa (2022).

2.3.1 Medição das variáveis ambientais

Foram realizadas medições de três variáveis ambientais que influenciam na sensação de conforto térmico, sendo elas: temperatura do ar, velocidade e umidade do ar. Para a medição da temperatura e umidade do ar, foram utilizados cinco termo-higrômetros digitais com *datalogger*, modelo HOBO H08-003-2, da marca Onset. Para a velocidade do ar, utilizaram-se quatro equipamentos multifuncionais com sonda de esfera quente, da marca Testo, modelo 445, conforme a disponibilidade do laboratório. Esses instrumentos foram posicionados em todos os ambientes analisados, com exceção da recepção de emergência, devido à disponibilidade de equipamento.

Para o período de medições, teve-se como intenção retratar um intervalo com altas temperaturas, com base nos relatos de desconforto por parte dos funcionários. Desta forma, foram consultadas as normas climatológicas de São Carlos e estudos anteriores sobre o clima da cidade alinhados à possibilidade diante da pandemia. Portanto, optou-se pela análise no mês de fevereiro, as quais indicaram as mais elevadas médias e máximas temperaturas para esse período, respaldada também pela autorização do hospital para a retomada das pesquisas.

As medições de temperatura e umidade relativa do ar ocorreram de forma contínua, com equipamentos programados para registrar variáveis a cada 10 minutos durante 24 horas, de 03/02/2022 a 24/02/2022. Os equipamentos foram instalados em 02/02/2022 e recolhidos em 25/02/2022. Para a velocidade do ar, as medições foram pontuais nos dias 17, 18, 23 e 24/02/2022. Excepcionalmente nesses dias foram também realizadas as medições de todas as variáveis mencionadas na área de espera do hospital, das 07h às

19h. Medições pontuais foram necessárias devido às restrições das baterias de alguns equipamentos e, no caso da área de espera, visando a segurança dos dispositivos em um ambiente de livre acesso ao público.

Para cada ambiente monitorado, foi montada uma estação microclimática com os equipamentos posicionados em tripés a 0,60 m do piso, correspondendo à altura do abdômen para pessoas sentadas, conforme ISO 7726 (1998), e seguindo a recomendação de Lamberts *et al.* (2016) de adotar a altura do abdômen. O posicionamento dos equipamentos foi acordado com os funcionários para evitar interferências em suas atividades, priorizando o centro dos ambientes ao longo do extenso período de medições. No subsolo técnico, a estação foi posicionada próxima às aberturas que dão acesso aos espelhos d'água e embaixo de um dos dutos de ventilação que adentra as paredes internas.

Para proteger os sensores de temperatura do ar contra os efeitos da radiação solar, superfícies térmicas e outras fontes radiantes, em conformidade com as diretrizes da ISO 7726 (1998), os dispositivos foram instalados em abrigos meteorológicos compostos por material de baixa emissividade e aberturas laterais para facilitar a circulação de ar. Os protetores foram fabricados no Laboratório de Conforto Ambiental do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e são detalhados em Barros (2023).

2.3.2 Aplicação de questionários

Além das medições, questionários foram aplicados simultaneamente às medições nos ambientes selecionados para obter variáveis pessoais e subjetivas. O modelo do questionário consta no Apêndice D da pesquisa de Costa (2022) e foi baseado no apêndice K da ASHRAE 55 (2017). O levantamento inicial incluiu dados pessoais, hábitos e preferências, enquanto a segunda parte avaliou a percepção térmica, aceitabilidade e preferência em diferentes períodos. A pesquisa foi aprovada pela CONEP (Projeto CAAE: 29370720.9.0000.5504) e a coleta iniciou após a aprovação do CEP/CONEP.

Os horários de aplicação dos questionários foram baseados na dinâmica dos participantes, tempo de adaptação ao ambiente, intervalos e troca de expediente, os horários adotados foram: 08:30/13:30/17:30/20:30/01:30/05:30. Para funcionários, o questionário completo foi aplicado apenas no primeiro horário; nos demais, utilizou-se um aditivo solicitando a avaliação do ambiente térmico. As respostas foram registradas e organizadas em uma planilha eletrônica para análise de dados.

3 Resultados

3.1 Objeto de estudo

O Hospital Universitário Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci da Universidade Federal de São Carlos – HU-UFSCar está situado em São Carlos-SP, próximo a um entroncamento rodoviário de acesso à cidade. Localizado a 1 km da UFSCar, o hospital está cercado por residências, bares e restaurantes. O entorno do hospital é caracterizado por baixo tráfego e ampla desobstrução, favorecendo a livre circulação de ventos. Contudo, a presença de área descampada e proximidade de plantações dificulta as estratégias de ventilação natural, devido à poeira e fumaça de incêndios.

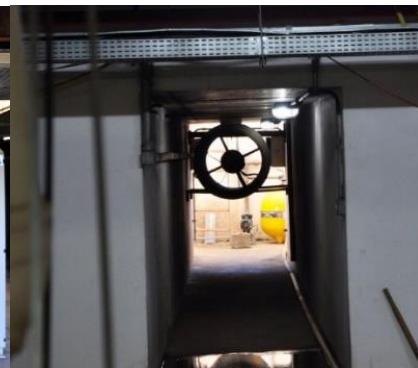
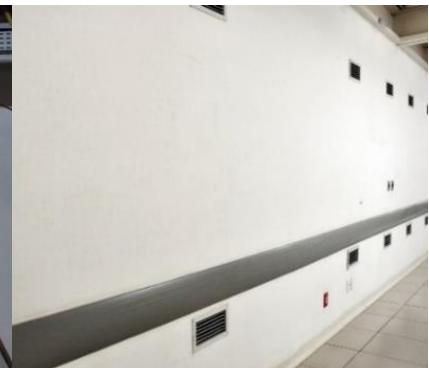
O Hospital da UFSCar adota diversas estratégias para enfrentar o clima tropical da região, visando melhorar a eficiência energética e o desempenho térmico do edifício. Uma dessas

estratégias é o sistema de resfriamento evaporativo, auxiliado por aspersores, com as aberturas da galeria subterrânea junto aos espelhos d'água (Figura 9 e 10). Essa estratégia reduz a temperatura do ar antes de entrar no edifício e filtra partículas de poeira externas. Além disso, ao longo e adentrando a fachada, um amplo jardim acompanha os espelhos d'água (Figura 9 e 11).

Figura 9: Jardim externo.**Figura 10:** Aspersores ligados.**Figura 11:** Jardim interno.

Fonte: Costa (2022).

O ar é admitido pela galeria subterrânea (Figura 12), impulsionado pela ação natural dos ventos ou com o auxílio de ventiladores (Figura 13), criando um colchão de ar ventilado. Essas galerias desempenham um papel crucial na canalização do ar, estabelecendo um diferencial de pressão que favorece a ventilação vertical e evita a dispersão de vírus e bactérias.

Figura 12: Galeria subterrânea.**Figura 13:** Ventilador nas galerias.**Figura 14:** Venezianas internas.

Fonte: Costa (2022).

Seguindo com a descrição, o ar admitido pelas galerias é insuflado para os ambientes, por meio de dutos entre as paredes internas que expelem o ar através de venezianas, controláveis manualmente (Figura 14). Enquanto o ar mais leve e aquecido naturalmente se eleva e passa por forros móveis (Figura 15), localizados entre a cobertura em sheds e os ambientes internos.

Após passar pelos forros, o ar é extraído pelos sheds (Figura 16), através do efeito chaminé. Neste contexto, Lima (2012) inicialmente identificou os ventos dominantes como provenientes do nordeste; entretanto, observou-se que os ventos dominantes efetivamente ocorrem do sudeste, exercendo influência na eficácia dessa estratégia. Embora os ventos predominantes não coincidam com a orientação planejada dos sheds, entende-se que correntes de ar também penetram na cobertura, devido à sua circulação significativa.

Figura 15: Forros basculantes móveis.

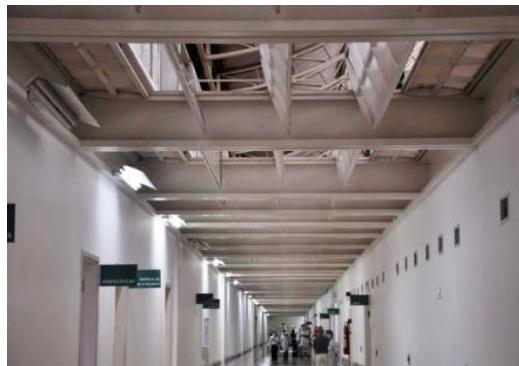


Figura 16: Sheds.



Fonte: Costa (2022).

Quanto às fachadas, estas sofrem diferentes impactos térmicos e requerem tratamentos específicos em relação à incidência solar. No HU-UFSCar, os quatro blocos hospitalares foram dispostos com as fachadas principais orientadas para 128° sudeste – 308° noroeste, e as fachadas menores na direção 38° nordeste – 218° sudoeste, de modo que a trajetória solar acontece na diagonal dos edifícios (Figura 17).

Figura 17: Implantação do HU-UFSCar.

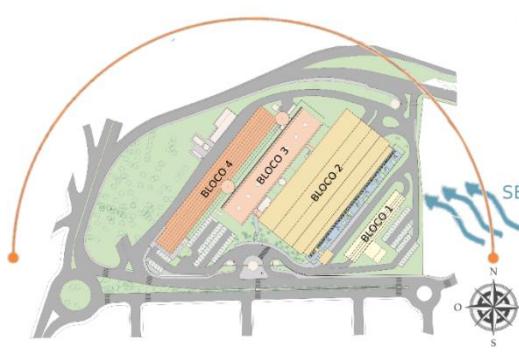
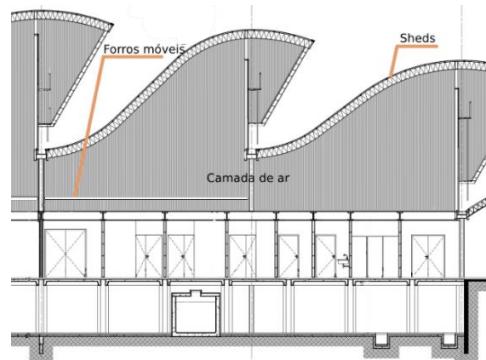


Figura 18: Esquema estrutural do bloco B.



Fonte: Adaptado do acervo do HU-UFSCar (2021).

As paredes externas da edificação são compostas por blocos de concreto 19x19x39 cm, argamassa de assentamento horizontal e vertical, além de argamassa de areia e cimento em cada face e pintura acrílica na cor branca¹, apresentando no conjunto uma resistência total de aproximadamente 0,3591 (m².K)/W. Compondo a cobertura, estão dispostas telhas onduladas em chapa de aço zincada pré-pintada na cor branca, isoladas acusticamente com manta de *bidim* colada em sua face interna.² Todos os blocos do hospital possuem a mesma especificação de cobertura curva, caracterizada por um sistema composto por telha, proteção acústica, camada de ar e forro (Figura 18). Esta é a face que mais recebe radiação solar, sendo o aço utilizado nas telhas um material com uma resistência térmica relativamente baixa, e consequentemente possui um valor de transmitância térmica alto.

Por outro lado, tanto a cobertura como as demais faces do edifício são pintadas na cor branca, que contribui para a minimização da absorção da radiação solar e aumento da reflexão dessa mesma radiação. No entanto, a exposição da envoltória do edifício às intempéries e à deposição de material particulado no ar pode comprometer o desempenho térmico da cor (Paolini *et al.*, 2014). Nesse contexto, a localização do

¹ Informação cedida pelo engenheiro Fábio Lucenti.

² Informação cedida pelo engenheiro Fábio Lucenti.

hospital é propensa à aderência de poeira na superfície, afetando a eficácia da cor, sendo necessária a manutenção dessas superfícies.

3.1.1 Modificações das estratégias passivas de conforto térmico

Segundo Lima (2012), a maioria dos ambientes foram pensados com o propósito do uso da ventilação natural, contudo, atualmente os ambientes naturalmente ventilados foram reduzidos e algumas alterações projetuais pontuais foram identificadas. Uma delas foi a instalação de telas nos *sheds* (Figura 19) devido à fuligem das queimadas e adição de ar condicionado (Figura 20) em locais com ventilação inadequada.

Em determinados locais, sistemas mecânicos substituíram por completo a ventilação natural, e alguns forros foram trocados por forros fixos ou vedados (Figura 21) devido às preocupações com manutenção e higiene. Além disso, ocorreu um equívoco na instalação das esquadrias da fachada sudeste do Bloco 2, que corresponde à entrada do hospital (Figura 22). Elas não podem ser abertas completamente por razões de segurança e resistência.

Figura 19: Vedação dos *sheds*.



Figura 20: Condicionamento híbrido.



Figura 21: Vedação dos forros basculantes.



Figura 22: Esquadrias parcialmente abertas.



Fonte: Costa (2022).

3.1.2 Caracterização dos ambientes analisados

Nas recepções e no SADT a ventilação se dá por meio dos forros basculantes e, no caso do SADT, também por venezianas. No entanto, muitos desses forros permanecem fechados devido à falta de conhecimento e problemas no sistema motorizado. Nas figuras 23, 24 e 25 é possível visualizar a situação quase que permanente desses forros. Já na área de espera, o condicionamento térmico é proporcionado pelas aberturas da fachada sudeste, com boa parte das esquadrias fechadas devido ao equívoco estrutural já

mencionado. As recepções operam 24 horas e comportam de duas a três pessoas, enquanto os ambientes do SADT, que funcionam das 07h às 19h, têm um fluxo médio de cerca de 10 pessoas, além dos pacientes.

Figura 23: Forro da recepção principal.



Figura 24: Forro da recepção de emergência.



Figura 25: Forro da SADT.



Fonte: Costa (2022).

3.2 Análise do conforto térmico

Os dados das medições ambientais e dos questionários aplicados nos diferentes ambientes do hospital serão apresentados a seguir. As medições incluíram temperatura do ar, velocidade do ar e umidade, enquanto os questionários forneceram informações sobre as percepções e preferências dos usuários em relação às condições térmicas.

3.2.1 Medições das variáveis ambientais

Embora as medições contínuas tenham sido realizadas de 03/02/2022 a 24/02/2022, serão apresentadas neste artigo um recorte que engloba o período de medições pontuais e questionários, para a análise conjunta dessas variáveis. Durante este período, as temperaturas mais altas foram atingidas das 13h às 16h, e as temperaturas mais baixas das 5h às 7h.

A temperatura máxima interna foi de 31,1°C, no dia 23/02/2022, na área de espera. Isso era esperado, por este ser o único dos ambientes analisados que recebe exposição solar direta, com a fachada envidraçada voltada para sudeste. Conforme a Tabela 2 e a Figura 26, as recepções principais e a chefia do SADT também frequentemente apresentaram as maiores temperaturas. A maior amplitude térmica foi observada na recepção principal nos primeiros dias e na área de espera nos últimos dois, podendo indicar que estes ambientes possuem grande influência das variações externas.

As temperaturas mínimas apresentaram variações significativas entre os diferentes ambientes do hospital, com a recepção de emergência demonstrando as condições térmicas mais amenas durante os dias mais quentes. Esta condição pode ser atribuída, em parte, ao fato deste ambiente ser ocupado por um número reduzido de pessoas e, adicionalmente, a uma ventilação aparentemente mais eficiente neste espaço.

Surpreendentemente, o subsolo técnico não apresentou as temperaturas mais baixas esperadas, ao contrário da pesquisa de Lukiantchuki (2010), que registrou temperaturas inferiores às de todos os outros ambientes internos em suas medições em hospitais da Rede Sarah. Isso é esperado pelo fato de as galerias serem compostas por espessas

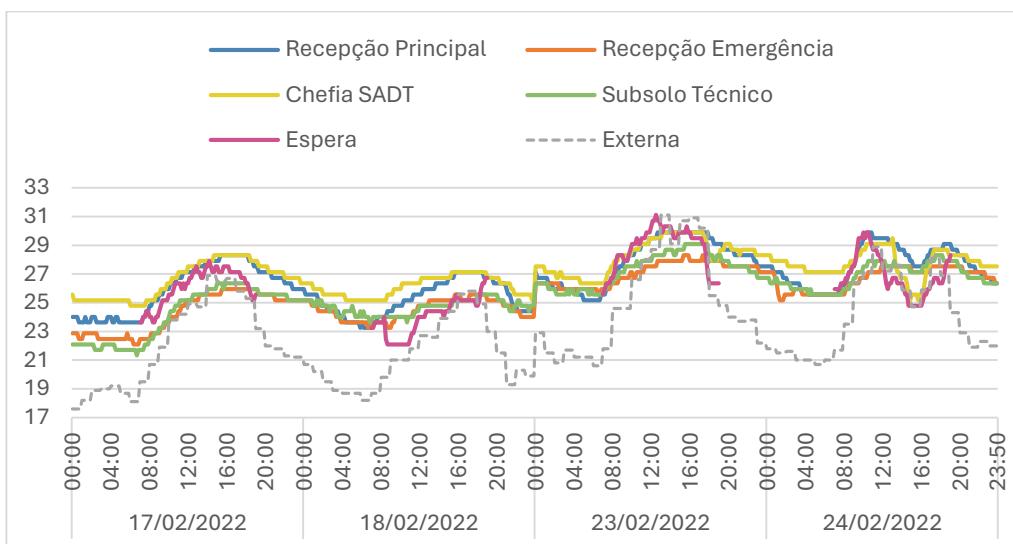
paredes de concreto e estarem subterrâneas, rodeadas por solo, o que causa redução na temperatura devido à inércia térmica. No entanto, no caso do HU-UFSCar, apenas uma parte da galeria é realmente subterrânea, devido ao desnível do terreno.

Tabela 2: Média dos dados do monitoramento da temperatura do ar (°C) nos dias analisados.

Ambiente	Temperatura do ar (°C)			Amplitude térmica (°C)
	Mín.	Máx.	Méd.	
Exterior	17,5	32,6	23,1	15,1
Recepção Principal	23,2	29,9	26,7	6,7
Recepção Emergência	22,1	28,3	25,6	6,2
Chefia do SADT	24,8	29,9	27,2	5,1
Subsolo Técnico	21,3	29,1	25,7	7,8
Área de espera	22,1	31,1	26,6	9,0

Fonte: Costa (2022).

Figura 26: Variação da temperatura do ar (°C) nos dias 17, 18, 23 e 24/02/2022.



Fonte: Costa (2022).

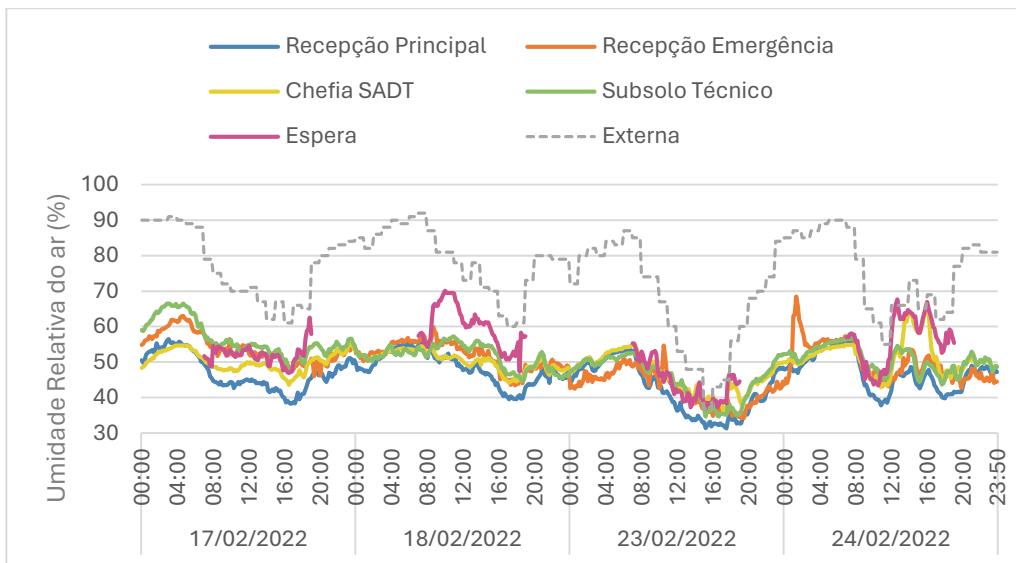
Durante o período de monitoramento analisado, as médias da umidade relativa do ar (Tabela 3 e Figura 27) foram semelhantes na maioria dos ambientes, com exceção da recepção principal, que registrou a menor umidade. A área de espera apresentou a maior umidade média, devido à presença de espelhos d'água e jardins, enquanto o subsolo técnico também demonstrou alta umidade. Porém, novamente, este resultado contrasta com os resultados de Lukiantchuki (2010), que obtiveram valores mais altos de umidade no subsolo técnico, ficando acima da umidade externa. Nesse sentido, cabe destacar que todo o sistema de nebulização de água nas galerias, para reduzir a temperatura, estava funcionando nas pesquisas mencionadas, enquanto nas medições presentes isso não aconteceu.

Tabela 3: Média dos dados do monitoramento da umidade relativa do ar (%) nos dias analisados.

Ambiente	Umidade relativa do ar (%)		
	Mín.	Máx.	Méd.
Exterior	36,0	92,0	75,2
Recepção Principal	31,3	56,5	46,2
Recepção Emergência	34,2	68,5	49,7
Chefia do SADT	35,9	64,4	49,1
Subsolo Técnico	34,7	66,5	51,1
Área de espera	37,0	70,1	52,9

Fonte: Costa (2022).

Figura 27: Variação da umidade relativa do ar (%) nos dias 17, 18, 23 e 24/02/2022.



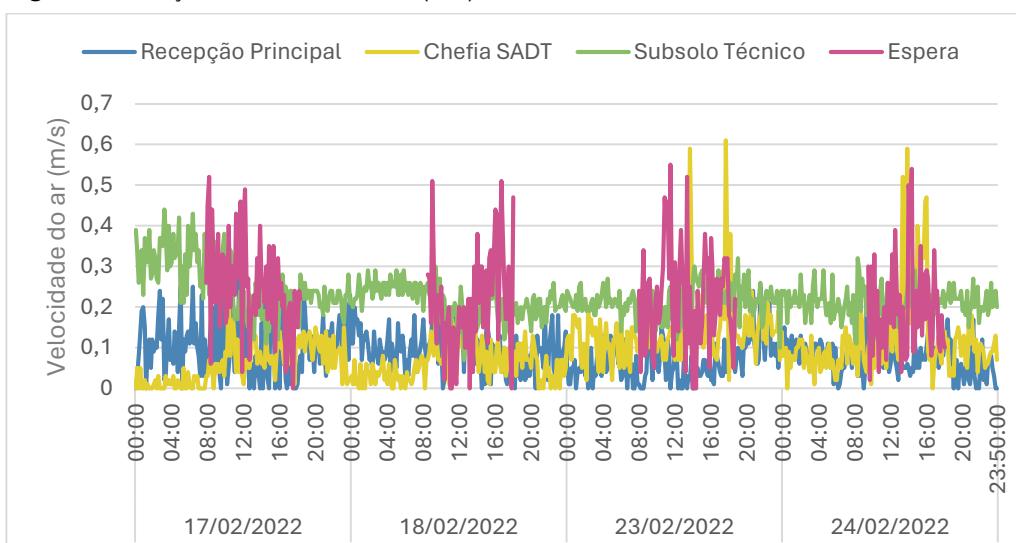
Fonte: Costa (2022).

Em geral, os níveis de umidade permanecem dentro das faixas recomendadas pela ASHRAE 55 (2017) para ambientes de saúde, de 30% a 60%. No entanto, algumas áreas específicas apresentam valores mínimos e máximos de umidade que estão fora desses intervalos.

Nos primeiros dois dias, o ambiente da chefia do SADT foi o menos ventilado, mas nos dois dias seguintes, com a utilização de ventiladores, registrou as maiores velocidades do ar. Isso indica que, quando se depende apenas da ventilação natural, a chefia do SADT e, em seguida, a recepção principal, são os ambientes menos arejados.

Em contraste, o subsolo técnico manteve uma velocidade do ar mais constante e uma média geralmente superior à dos demais ambientes internos, com exceção da área de espera, que alcançou as maiores velocidades devido à ventilação natural proporcionada pela fachada envolvida (Figura 28 e Tabela 4). No entanto, as médias de velocidade do ar variaram de 0,1 m/s a 0,2 m/s, não gerando uma sensação de resfriamento para os usuários e redução da carga térmica, conforme a Tabela 1, de Cândido *et al.* (2010).

Figura 28: Variação da velocidade do ar (m/s) nos dias 17, 18, 23 e 24/02/2022.



Fonte: Costa (2022).

Tabela 4: Média dos dados de velocidade do ar (m/s) nos dias analisados.

Ambiente	Velocidade do ar (m/s)		
	Mín.	Máx.	Méd.
Exterior	0,0	3,2	0,8
Recepção Principal	0,0	0,3	0,1
Chefia do SADT	0,0	0,6	0,1
Subsolo Técnico	0,1	0,4	0,2
Área de espera	0,0	0,6	0,2

Fonte: Costa (2022).

3.2.2 Aplicação dos questionários

Ao todo, foram 150 participantes nos quatro dias de aplicação dos questionários. Isso incluiu 21 funcionários, 84 pacientes e 45 visitantes. Na área de espera, 63,5% dos participantes eram do sexo feminino. A média de idade foi de 48 anos, variando de 19 a 85 anos, com média de altura de 1,66 m e peso de 78,57 kg, o que sugere um perfil antropométrico dentro de uma faixa típica para adultos. Outra informação relevante é que a maioria dos participantes nasceu e reside em São Carlos, o que os torna mais familiarizados com as condições climáticas locais.

Em relação aos funcionários dos ambientes analisados, a maioria era composta por mulheres (80%). A média de idade foi de 35,6 anos, variando de 22 a 58 anos, com média de altura de 1,67 m e peso de 62,49 kg. A maioria nasceu em cidades do sudeste e nordeste, sendo São Carlos a cidade predominante. O tempo de trabalho nesses ambientes variou de 1 mês a 7 anos, com média de 3,5 anos.

Os funcionários da recepção usavam calça, camisa, sapato e meia social, com um valor de isolamento térmico de 0,67 clo. No setor SADT, os funcionários usavam calça, camisa, tênis, meia e jaleco, com um valor de isolamento térmico de 0,90 clo. Os pacientes e visitantes usavam roupas com valores de isolamento térmico que variaram de 0,54 a 0,74 clo. Todos os participantes realizavam atividades sedentárias no ambiente avaliado, com um nível de atividade metabólica entre 1,0 e 1,2 met, conforme as diretrizes da ASHRAE 55 (2017).

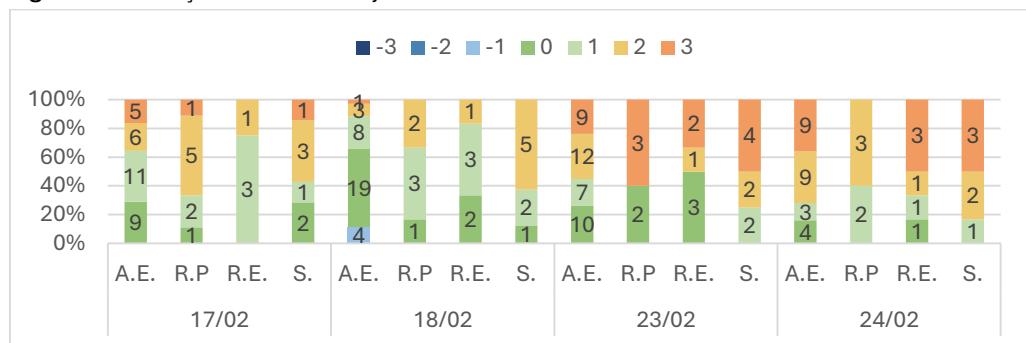
No dia 18/02, foi registrado o menor desconforto, com 41,8% das pessoas indicando sensação neutra. Nos outros dias, especialmente nos dois últimos, houve um aumento no desconforto devido ao calor, e as pessoas preferiram temperaturas mais frescas.

Conforme a Figura 29, o setor SADT, com 89,7% dos funcionários relatando calor, provavelmente enfrenta desafios maiores devido à combinação de maior isolamento térmico nas roupas e a condições ambientais internas que podem não estar adequadas ao nível de isolamento dos participantes. Em contraste, a recepção de emergência, com menor desconforto (63%), pode apresentar condições internas mais favoráveis ou uma melhor adaptação das roupas e atividades ao ambiente.

Em alguns casos, mesmo quando relataram sensação neutra, os ocupantes expressaram preferência por temperaturas mais frescas, enquanto em outros preferiram manter a temperatura atual. De acordo com a Figura 30, a preferência por temperaturas mais frescas, observada em várias respostas, sugere que as condições de calor nas instalações podem ser um problema significativo. O setor SADT, que mostrou maior insatisfação com a circulação de ar (86,2%), pode se beneficiar de melhorias na ventilação para reduzir o desconforto térmico.

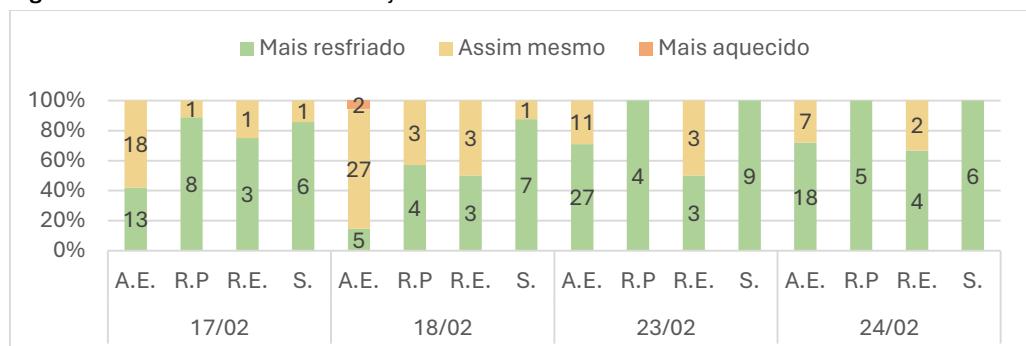
Na área de espera, a aceitação do movimento de ar foi mais positiva, especialmente no dia 18/02, indicando que a ventilação e o clima estava mais favorável. No entanto, a preferência por um movimento de ar reduzido, em geral, sugere a necessidade de uma maior controle da ventilação para equilibrar a sensação de conforto (Figura 31).

Figura 29: Sensações térmicas subjetivas.



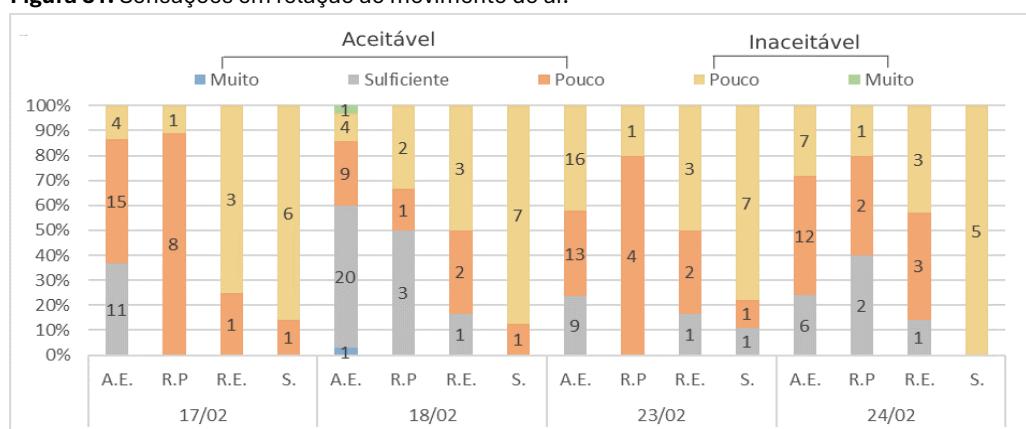
Legenda: A.E. - Área de espera; R.P. - Recepção Principal; R.E. - Recepção de Emergência; S. - SADT.
Fonte: Costa (2022).

Figura 30: Preferências térmicas subjetivas.



Fonte: Costa (2022).

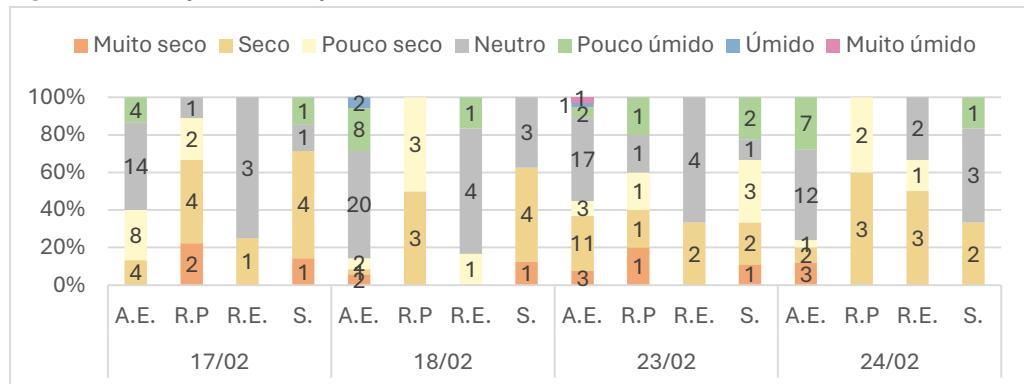
Figura 31: Sensações em relação ao movimento do ar.



Fonte: Costa (2022).

Quanto à umidade do ar, as preferências variaram: na área de espera, predominou a sensação neutra, na recepção principal prevaleceu a sensação de ar seco, e nos ambientes do SADT, a maioria relatou uma sensação de ar seco (Figura 32). Acredita-se que essa variação reflete o não entendimento dessa variável pela maioria das pessoas.

Figura 32: Sensações em relação à umidade do ar.



Legenda: A.E. - Área de espera; R.P. - Recepção Principal; R.E. - Recepção de Emergência; S. - SADT.

Fonte: Costa (2022).

3.2.3 Cruzamento das variáveis ambientais e psico-fisiológicas

Os dados ambientais apontaram que a chefia do SADT e a recepção principal têm as piores condições térmicas, com altas temperaturas, baixa umidade e baixa circulação de ar. Paralelamente a isso, os ocupantes dos ambientes do SADT são os mais insatisfeitos em relação à aceitabilidade, percepções e sensações das variáveis ambientais. Possivelmente, este ambiente se destaca negativamente perante os demais devido a fatores como: vestimenta dos usuários, que utilizam jaleco; maior quantidade de fontes de calor em proporção ao espaço; e a não utilização adequada das estratégias de ventilação natural.

Dentre os ambientes internos ocupados pelos funcionários, a recepção de emergência foi o ambiente que apresentou as melhores condições ambientais, coincidindo com os questionários em relação à sensação térmica, que obteve a menor porcentagem de desconforto por calor. Contudo, a aceitabilidade térmica é baixa e a maior parte da quantidade de votos se deu para pouca movimentação de ar. Nesse ambiente, não foram realizadas as medições de velocidade do ar, portanto, uma hipótese para justificar as melhores condições térmicas em relação à recepção principal, que está localizada voltada para a mesma fachada, seria que no ponto em que a recepção de emergência se encontra, a velocidade do ar apresente maiores velocidades, com menos obstrução externa e interna, fazendo com que a temperatura efetiva seja reduzida. Além disso, esse ambiente não é totalmente fechado, tendo acesso sem vedações para o corredor principal do hospital, que tem seus forros basculantes e venezianas todos abertos constantemente e, por conseguinte, é bem ventilado.

Quanto ao subsolo técnico, embora esteja entre os ambientes com as melhores condições térmicas da amostra pesquisada, não apresentou os dados de monitoramento esperados, tendo com parâmetro a pesquisa de Lukiantchuki (2010), colocando em dúvida a eficiência do sistema, cuja a principal função é a captação do ar para a ventilação natural pensada nos ambientes internos, o que contribui, como um dos fatores, para o desconforto dos ocupantes dos ambientes internos.

Observou-se que, nos dias analisados, a velocidade do ar em todos os ambientes foi praticamente inexistente, com médias inferiores a 0,2 m/s. Cabe destacar que a ventilação natural externa também não foi favorável, atingindo 0 m/s em alguns momentos.

Os dados de monitoramento sugerem que o sistema de condicionamento térmico passivo não está funcionando conforme o esperado e as estratégias de ventilação natural não estão sendo utilizadas adequadamente. A dúvida é se os resultados seriam diferentes caso os forros basculantes e as venezianas estivessem sendo operados.

A análise integrada dos dados projetuais, das medições ambientais e dos questionários revela que o edifício passou por modificações em suas estratégias passivas, apresentando algumas inconsistências, como a posição dos *sheds* não coincidir com a direção dos ventos predominantes. Além disso, a variabilidade das condições externas demonstra que o conforto térmico pode não ser alcançado exclusivamente por técnicas passivas.

4 Conclusões

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as estratégias de condicionamento térmico passivo do Hospital Universitário da UFSCar (HU-UFSCar), considerando seu planejamento, funcionamento e impacto no conforto térmico dos usuários. Os resultados indicaram que, embora o HU-UFSCar tenha adotado um planejamento ambiental cuidadoso, surgem questionamentos sobre a adequação de soluções complexas em edificações públicas. Em contextos como este, soluções mais simples e adequadas ao clima local podem ser mais eficazes e sustentáveis a longo prazo.

As medições realizadas entre 03/02/2022 e 24/02/2022 mostraram variações significativas nas condições térmicas internas. A área de espera, o ambiente mais exposto à insolação direta, registrou a maior temperatura interna (31,1°C), o que era esperado. No entanto, esse ambiente apresentou a maior aceitação térmica, provavelmente devido à umidade relativa do ar (52,9%) e à velocidade do ar (0,2 m/s), que estiveram entre as melhores condições monitoradas. A recepção de emergência, que obteve temperaturas entre 22,1°C e 28,3°C, manteve um conforto térmico mais estável, possivelmente devido à ventilação mais eficiente e ao número reduzido de ocupantes.

A umidade relativa nos ambientes analisados variou entre 46,2% e 52,9%, estando dentro das faixas recomendadas pela ASHRAE 55 (2017). No entanto, a ventilação foi um ponto crítico. A chefia do SADT, por exemplo, apresentou as piores condições, com 89,7% dos funcionários relatando desconforto térmico. Esse desconforto pode ser atribuído ao isolamento térmico do vestuário (jalecos e uniformes) e à alta carga térmica interna, que não é compensada por uma ventilação eficiente.

O subsolo técnico, embora esperado como o ambiente com as melhores condições térmicas devido à sua estrutura, apresentou discrepâncias em relação aos dados encontrados por Lukiantchuki (2010) em outros hospitais da Rede Sarah, que indicaram temperaturas mais baixas e umidades mais altas (máxima de 72,9% e mínima de 57,4%). A discrepancia no HU-UFSCar pode ser explicada pela estrutura das galerias, que não são totalmente subterrâneas, além da ausência de sistemas de nebulização durante o período de monitoramento.

A análise das variáveis ambientais e as percepções dos ocupantes indicaram que ambientes com piores condições térmicas resultaram em maior insatisfação. As baixas velocidades do ar (entre 0,1 m/s e 0,2 m/s) foram insuficientes para proporcionar alívio térmico, evidenciando que o sistema de ventilação natural não está funcionando como esperado. A falta de uso adequado dos forros basculantes e as alterações nas estratégias passivas, como a instalação de telas nos sheds, também contribuem para o agravamento do desconforto térmico.

Considerando a variabilidade climática de São Carlos, sugere-se a adoção de um sistema híbrido de condicionamento térmico, semelhante ao proposto por Lelé para o Hospital Sarah do Rio de Janeiro. Essa abordagem poderia melhorar o conforto térmico e reduzir o consumo de energia, em comparação com o uso exclusivo de climatização artificial.

Além disso, é fundamental haver um treinamento contínuo dos funcionários para garantir o uso adequado das estratégias passivas, como o controle dos forros basculantes e a utilização das venezianas. Melhorar a compreensão e a operação desses sistemas pode aumentar a eficiência das estratégias de ventilação natural e reduzir o desconforto térmico.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 138158/2021-5), por financiar, em parte, este estudo, e ao Hospital Universitário da UFSCar, pelo suporte e recepção oferecidos.

Referências

- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução - RDC n. 50 de 21/02/2002.** Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, 2002.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2017:** Thermal Environment Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta, 2017.
- BARROS, K.; COSTA, K.; MATTIA, P.; DORNELLES, K. Desenvolvimento de abrigos de baixo custo para medições de temperatura e umidade relativa do ar. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO e XIII ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 2023. *Anais [...]*. São Paulo: ANTAC, 2023. p. 1-9.
- CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R. J.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L. Air Movement Acceptability Limits and Thermal Comfort in Brazil's Hot Humid Climate Zone. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 222–229, 2010.
- CESTAVO, R.L. **A qualidade do ambiente interno em áreas hospitalares: um estudo sobre o conforto, a ventilação e a renovação do ar.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021.
- COSTA, K. Z. S. **Análise do conforto térmico em ambientes naturalmente ventilados:** estudo de caso do Hospital Universitário da UFSCar. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.
- COTTA, J. P. O. **Estratégias de ventilação natural para edifícios de escritório em São Paulo com ênfase no desempenho de átrios.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** Ergonomics of thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. 2 ed. Geneve, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for the thermal comfort. Suíça, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Boletim mensal de dezembro 2010.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_2010 12.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES; CRAWLEY, D.; LAWRIE, L. **Arquivos Climáticos INMET 2015.** 2015. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2015>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A.L.; CARLO, J.C.; BATISTA, J.O.; MARINOSKI, D.L.; NARANJO, A. **Desempenho Térmico de Edificações.** Florianópolis: Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia da UFSC, 2016. 196 p. Apostila da Disciplina Desempenho térmico de Edificações.

LIMA, J. F. **Arquitetura:** uma experiência na área da saúde. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2012.

LUKANTCHUKI, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé:** Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PAOLINI, R.; ZINZI, M.; POLI, T.; CARNIELO, E.; MAININI, A.G. Effect of ageing on solar spectral reflectance of roofing membranes: natural exposure in Roma and Milano and the impact on the energy needs of commercial buildings. **Energy and Buildings**, v. 84, p.333-343, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.008>.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: DC Luzzatto/ Ed.da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.

RORIZ, M. **Base de Dados Climáticos de 411 Municípios Brasileiros:** arquivos em formato de EPW (EnergyPlus Weather Data), 2012. Disponível em: <http://www.rORIZ.eng.br/epw_9.html>. Acesso em: 31 jul. 2014.

RORIZ, V. F.; RORIZ, M. **EPvieW 2015.** Disponível em: <<https://goo.gl/AvVhva>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

TOLEDO, E. **Ventilação Natural das habitações.** Coordenação da publicação brasileira por Alexandre Toledo. Maceió: EDUFAL, 1999.

ZHOU, J.; ZHANG, X.; XIE, J.; LIU, J. **Effects of elevated air speed on thermal comfort in hot-humid climate and the extended summer comfort zone.** Energy and Buildings, [S. l.], v. 287, p. 112953, 2023. b. DOI: 10.1016/J.ENBUILD.2023.112953.