ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise projetual da ventilação natural do HU-UFSCar: projeto original e alterações propostas

Design analysis of the HU-UFSCar natural ventilation: original design and proposed changes

Ana Clara de Almeida Xavier
Universidade de São Paulo | São Carlos | Brasil | anaclaraxavier48@usp.br
Marieli Azoia Lukiantchuki
Universidade Estadual de Maringá | Maringá | Brasil | malukiantchuki2@uem.br
Kelen Almeida Dornelles
Universidade de São Paulo | São Carlos | Brasil | kelend@usp.br

Resumo

Esta pesquisa realiza uma análise projetual do sistema de ventilação do Hospital Universitário da UFSCar, considerando o projeto original idealizado por Lelé e as alterações realizadas durante a obra e uso do hospital. O Método consiste na caracterização climática e bioclimática de São Carlos, no levantamento de dados do projeto e da situação atual e, por fim, na análise qualitativa e projetual dos dados levantados. Os resultados indicam que o projeto original do HU foi idealizado considerando os aspectos climáticos do local, trazendo soluções projetuais que respondem de maneira eficiente ao conforto térmico dos usuários. Entretanto, foram levantadas alterações projetuais substanciais, realizadas durante a obra e uso do hospital em decorrência de falta de planejamento e manutenção, que afetaram diretamente o desempenho dos sistemas idealizados pelo arquiteto. Dessa forma, o estudo suscita a importância de se realizar um planejamento de como será o uso e a manutenção da edificação, evitando a obsolescência ou mau funcionamento dos sistemas adotados.

Palavras-chave: Hospitais. Análise projetual. Ventilação natural. João Filgueiras Lima. Lelé.

Abstract

The study aims to realize a design analysis of the ventilation system at the UFSCar University Hospital, considering the original project designed by Lelé and the changes made during the construction and use of the hospital. The methodology consists on the climatic and bioclimatic characterization of São Carlos, collecting data of the project and the current situation and, finally, qualitative and design analysis of the data collected. The results indicate that the original HU project was designed considering the climatic aspects of the location, bringing design solutions that respond efficiently to users' thermal comfort. However, substantial design changes were made during the construction and use of the hospital due to a lack of planning and maintenance, which directly affected the performance of the systems designed by the architect. Therefore, the study raises the importance of planning how the building will be used and maintained, thus avoiding obsolescence or malfunction of the systems adopted.

Keywords: Hospitals. Project analysis. Natural ventilation. João Filgueiras Lima. Lelé.

Como citar:
XAVIER, A. C. A.; LUKIANTCHUKI, M. A.; DORNELLES, K. A. Análise projetual da ventilação natural do HU-UFSCar: projeto original e alterações propostas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

A ventilação natural, após o sombreamento, é a estratégia projetual mais importante para a realidade brasileira. Segundo [1], a grande maioria das capitais brasileiras exige o seu uso como principal solução para o verão e mesmo ao longo de todo o ano, tendo como principais vantagens: 1) manter a qualidade do ar interno pela ventilação higiênica e que deve ser garantida em todas as condições climáticas; 2) promover o conforto térmico dos usuários dissipando o calor do corpo humano por convecção e evaporação, principalmente em contextos de temperaturas e taxas de umidade relativa elevadas, 3) auxiliar no arrefecimento das estruturas das edificações e; 4) por ser gratuita, é uma estratégia de alcance social [2].

O uso dessa estratégia é eficiente para obtenção do conforto térmico de forma passiva, principalmente em regiões de clima quente e úmido, como a maior parte do território brasileiro [3]. Além disso, a ventilação natural está associada à qualidade do ar, à saúde humana e à produtividade dos usuários. Segundo [5] e [6], a composição do ar interno é alterada pelas atividades humanas. Considerando que as pessoas permanecem em média de 80% a 90% do tempo nos ambientes internos, é importante proporcionar adequada qualidade do ar interno através de sua renovação, auxiliando na dispersão de poluentes, remoção e/ou transporte de partículas e entre outros micro-organismos.

Isso se torna ainda mais importante em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), pois além de possibilitar a adequada qualidade do ar, ajuda a reduzir os riscos de transmissão de doenças hospitalares infecciosas. Diversas pesquisas apontam que o uso adequado da ventilação natural auxilia na dispersão dos poluentes internos [7][8][9][10][11] e segundo Short e Al Maiyah [12], 70% da área de um hospital pode ser naturalmente ventilada, sendo que somente 7% da área necessita de filtros de alta precisão. Com a pandemia da COVID-19, pesquisas em EAS com o enfoque em enfermaria [13][14][15][16] ratificaram a importância dos espaços internos naturalmente ventilados. No Brasil, o arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, é amplamente conhecido por utilizar estratégias de ventilação natural em seus projetos hospitalares desenvolvidos para a Rede Sarah Kubitschek [16].

Além dos hospitais Sarah, Lelé desenvolveu outros projetos hospitalares, tais como o Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos/Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (HU UFSCar / EBSERH), localizado em São Carlos - SP. O primeiro estudo desse projeto foi realizado em 2004 por Lelé e o anteprojeto foi doado à Prefeitura Municipal da cidade. A intenção original era que o projeto e a construção fossem desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS), fábrica responsável pelo desenvolvimento de todos os hospitais Sarah. No entanto, por decisão do Tribunal de Contas da União, a participação do CTRS foi inviabilizada e o projeto foi adaptado para um processo de licitação de obras. Assim, o projeto foi realizado pelo Brasil Arquitetura e a construção foi realizada pelo Apiacás Arquitetos.

As experiências que Lelé desenvolveu nos hospitais da Rede Sarah, possibilitaram-no vivenciar um processo de projeto integrado, no qual o arquiteto participava de todos as etapas do processo: desde o contato com os usuários até a realização da manutenção e a avaliação do edifício após sua ocupação. Conforme demonstrado por diversas pesquisas científicas [17][18][19], isso possibilitou um intenso cuidado com a manutenção dos edifícios em funcionamento, uma vez que essa etapa era realizada pela própria equipe com suporte do CTRS. O resultado foi edifícios cujas soluções projetuais foram preservadas e mantidas ao longo do funcionamento das edificações.

Entretanto, isso não foi possível de ser realizado no hospital de São Carlos, em função de dois motivos principais: 1. O CTRS não foi utilizado como suporte para a execução e manutenção do hospital e 2. O Lelé foi responsável apenas pela concepção inicial do projeto, não possuindo relação com a obra e com a manutenção deste edifício ao longo de seu uso. Isso dificultou a permanência das estratégias projetuais relacionadas ao conforto ambiental, descaracterizando as estratégias propostas na concepção inicial do projeto, idealizadas pelo arquiteto.

OBJETIVO

Analisar o projeto inicial do EBSERH / HU UFSCar desenvolvido por Lelé, com relação à ventilação natural, e as alterações dessas estratégias decorrentes de mudanças na execução do hospital e de problemas de manutenção no uso da edificação.

MÉTODO

A pesquisa foi dividida em três etapas principais: (1) Caracterização climática e bioclimática de São Carlos - SP; (2) Levantamento de dados; e (3) Análise qualitativa / projetual.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E BIOCLIMÁTICA DE SÃO CARLOS - SP

Foi realizada uma análise das características climáticas da cidade de São Carlos, abordando sua localização no território brasileiro, dados sobre temperatura, ventos dominantes, nebulosidade e radiação solar. Essa análise foi feita com base na leitura da base de dados climáticos no *software* EPvieW 1.4 [20]. Os dados plotados pelo *software* são arquivos climáticos do tipo *.epw,* disponibilizados pelo Instituto de Meteorologia (INMET - 2016) no site do LabEEE [21], que contém um banco de dados climáticos nacional. Posteriormente, foi realizada uma análise bioclimática pela carta bioclimática de Givoni, plotada no *software* EPvieW 1.4 [20], dos períodos de desconforto por frio e calor e quais as estratégias projetuais são recomendadas para compensar o desconforto térmico dos usuários nas edificações.

LEVANTAMENTO DE DADOS

Esta etapa baseou-se no levantamento das peças gráficas do projeto, através de consulta em referências da literatura especializada e nos projetos executivos

fornecidos pelo escritório Brasil Arquitetura, responsável pela segunda etapa do projeto. Posteriormente, foram realizados levantamentos no hospital, buscando melhor entendimento sobre os aspectos projetuais, construtivos e climáticos, através de três visitas *in loco,* que ocorreram nos dias 10/05/2023, 17/07/2023 e 11/08/2023, todas as visitas foram realizadas em conjunto com a arquiteta responsável do HU, que auxiliou no esclarecimento das dúvidas que porventura surgiram. Por fim, a pesquisa que norteou esse estudo era composta por uma equipe interdisciplinar em conjunto com alguns membros do hospital, dessa forma, durante os encontros da pesquisa, a equipe do hospital contribuiu auxiliando na obtenção de dados relevantes e precisos, principalmente a respeito do histórico do hospital ao longo de seu uso, o que foi crucial para a caracterização das alterações ocorridas no sistema de ventilação do edifício.

ANÁLISE PROJETUAL/QUALITATIVA

A análise projetual se baseou na leitura do projeto do hospital estudado, realizada através dos materiais obtidos no levantamento de dados e na análise climática e bioclimática, tendo como complemento a literatura especializada. Primeiramente, realizou-se a análise da localização e da implantação do edifício, avaliando exposição do edifício ao sol e aos ventos, obstruções próximas, topografia, entre outros. Em seguida, o edifício foi analisado com foco nas estratégias de conforto por meio da caracterização e da identificação dos sistemas de ventilação e iluminação naturais, em especial os *sheds* que são elementos principais utilizados por Lelé em seus projetos.

Posteriormente, uma análise das alterações do referido projeto foi realizada, buscando identificar e caracterizar as alterações realizadas no sistema de ventilação ao longo da obra e uso do edifício, bem como mapear os fatores que influenciaram nas alterações. Essa análise é baseada na leitura crítica dos projetos executivos do hospital e foi complementada por observações durante as visitas *in loco.* Para a compreensão e mapeamento dos fatores que alteraram o sistema de ventilação do hospital, foram necessários encontros e discussões entre a equipe da pesquisa e os membros que trabalham no hospital, onde foi possível fazer o levantamento dos principais aspectos que influenciaram e precisaram ser enfrentados durante o uso do hospital.

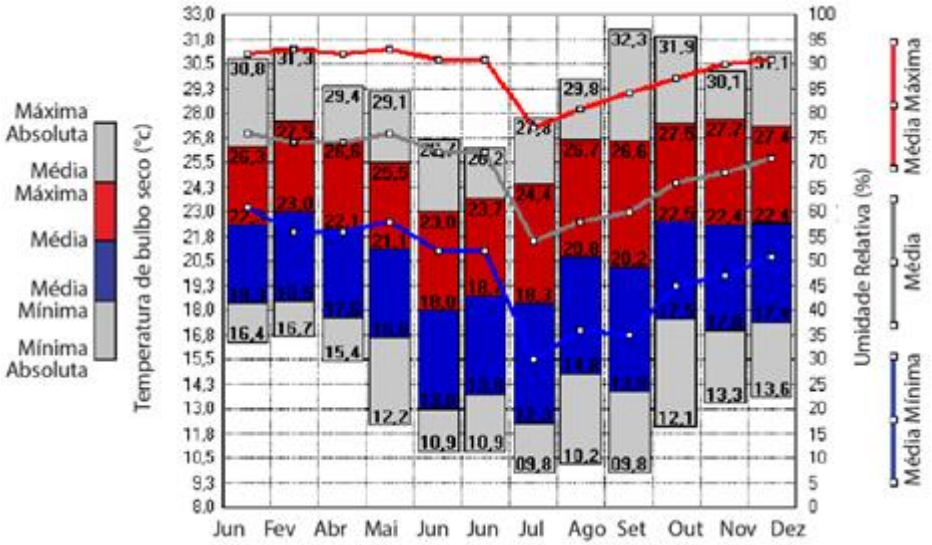
RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE CLIMÁTICA E BIOCLIMÁTICA

O edifício analisado está localizado na cidade de São Carlos, região Sudeste do Brasil, estado de São Paulo, situado na latitude 22° sul e longitude 48° a oeste, apresentando altitude média de 856 m [22]. Segundo a classificação climática de Köppen, São Carlos é Cfa, que corresponde ao clima subtropical úmido com verão quente. Por conta disso, ao longo do ano, a precipitação média é de 1512 mm, com umidade relativa de 76% no verão e 54% no inverno [23][24]. Essa classificação está em conformidade com os dados climáticos de temperatura e umidade relativa médios mensais encontrados nos arquivos climáticos do INMET (2016), com temperaturas médias entre

aproximadamente 15,9 °C e 26,1 °C e médias de umidade relativa do ar entre 48% e 89% (Figura 1).

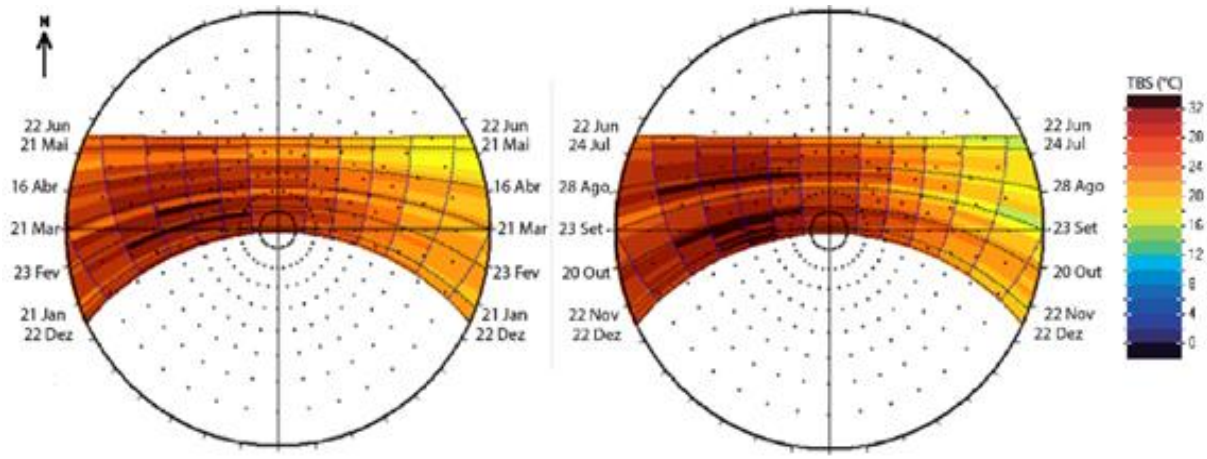
Figura 1 - Temperatura e umidade relativa médias para São Carlos - SP



Fonte: Adaptado de EPvieW e INMET (2016).

Nota-se que essas temperaturas se distribuem ao longo do dia e das estações de acordo com a insolação na superfície terrestre. Assim, as menores temperaturas anuais são registradas no início do período da manhã, entre o final do mês de junho e julho e em um pequeno período no final de setembro. Em contrapartida, as maiores temperaturas anuais acontecem entre 13h e 17h, principalmente nos meses de outubro, novembro e períodos em fevereiro e agosto (Figura 2).

Figura 2 - Temperaturas de bulbo seco plotadas na carta solar de São Carlos - SP

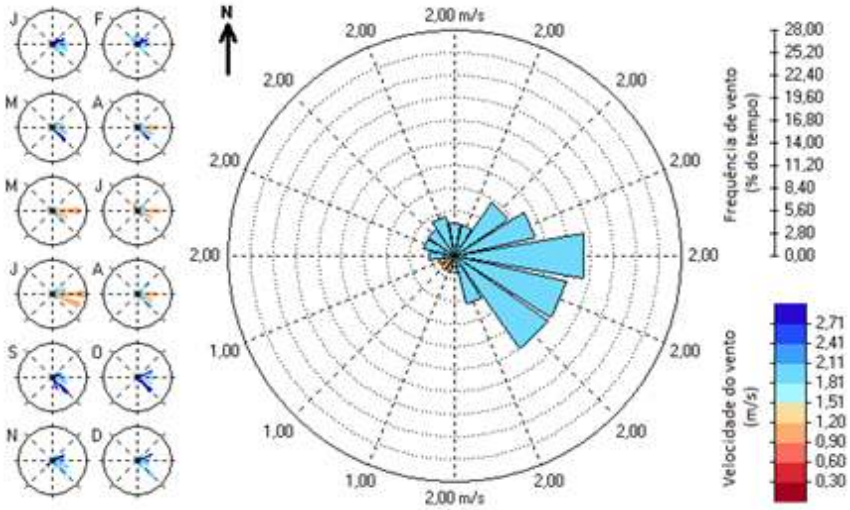


Fonte: Adaptado de EPvieW e INMET (2016).

De acordo a rosa dos ventos (Figura 3), é possível notar que a direção predominante dos ventos ao longo do ano é leste e sudeste, com percentuais de tempo próximos de 15%. Ainda que em menor escala, mas também com ocorrência significativa, é possível

notar ventos na direção nordeste. A velocidade dos ventos fica em torno de 2m/s nas direções predominantes, entretanto, esse valor pode variar em função da localização da edificação e do seu entorno.

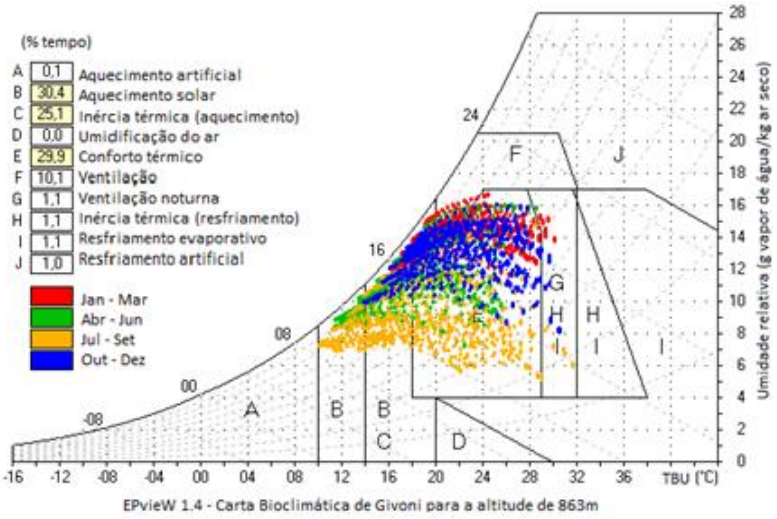
Figura 3 - Regime de ventos para a cidade de São Carlos - SP



Fonte: Adaptado de EPvieW e INMET (2016).

Com relação à análise bioclimática, é possível perceber que apenas 30% do ano apresenta temperatura e umidade dentro da faixa de conforto. Assim, estratégias de projeto são propostas para adaptação das edificações em períodos de desconforto, tanto por frio quanto por calor, destacando-se o aquecimento solar, com 30,4% de aplicabilidade, inércia térmica para aquecimento com 25,1% e ventilação, com 10,1%. Outras estratégias com aplicabilidade reduzida são propostas, tais como: ventilação noturna, inércia térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, resfriamento artificial e aquecimento artificial, respectivamente (figura 4).

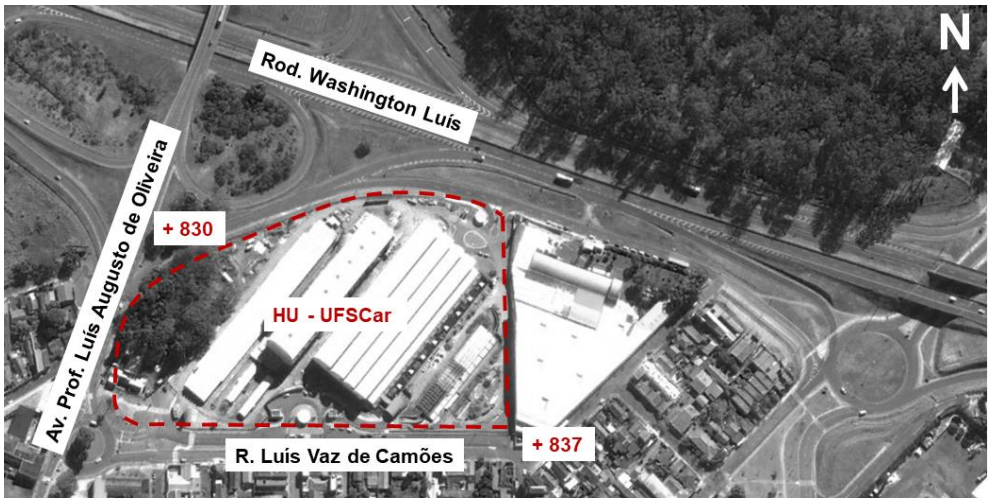
Figura 4 - Carta Bioclimática de Givoni para São Carlos - SP



Fonte: Adaptado de EPvieW e INMET (2016).

Nota-se que o lote é delimitado por vias, sendo o lote vizinho de uso industrial e o bairro ao sul é residencial não verticalizado (figura 5). Com relação à topografia, percebe-se um desnível de cerca de 7m entre duas extremidades do terreno, conferindo 4% de inclinação (figura 5). Tem-se uma área de proteção ambiental na área mais baixa do lote, não interferindo nos ventos e na insolação (figura 6).

Figura 5 - Implantação do HU



Fonte: Adaptado de Google Earth [25].

Figura 6 - Entorno imediato



Fonte: Google Earth [25].

ANÁLISE QUALITATIVA E PROJETUAL

O projeto do hospital é de 2004, tendo seu uso destinado ao atendimento médico básico e como unidade de apoio ao ensino e treinamento do pessoal médico e paramédico vinculados à UFSCar (Figura 4). Dentre as condicionantes para a concepção do projeto, destaca-se: 1) Adaptação à declividade natural do terreno; 2) Conforto para os usuários; 3) Inclusão de áreas ajardinadas integradas ao projeto; 3) Organização funcional do programa; e 4) Sistema de ventilação natural com pavimento técnico [26]. O projeto foi organizado por setores, resultantes das estratégias de conforto, da topografia do terreno e do programa de necessidades do hospital, apresentando dois principais tipos de solução formal: uma volumetria com a cobertura

em *sheds* e uma volumetria em forma de arco, com um sistema de exaustão mecânica na região superior da cobertura (Figura 7) [26].

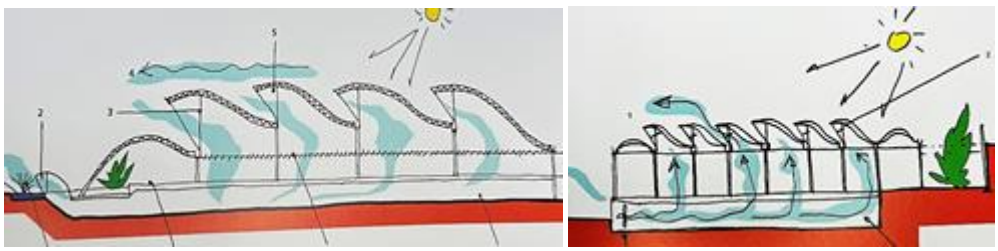
Figura 7 – Solução formal do HU



Fonte: Adaptado de [28].

A análise deste estudo foi direcionada ao setor geral em decorrência do sistema de ventilação natural. Esse setor se desenvolve em um único pavimento, além do pavimento técnico, e possui a volumetria de quatro grandes *sheds*. A adoção dessas estruturas foi pelo sistema de ventilação, que consistia em uma ventilação zenital com as aberturas dos *sheds* orientadas para sudeste. Segundo Lelé, o ar seria introduzido nos ambientes internos através das galerias do subsolo e, posteriormente, passando pelas venezianas nas paredes e pelos forros basculantes, seria extraído pela cobertura, por diferencial de pressão (Figura 8) [26].

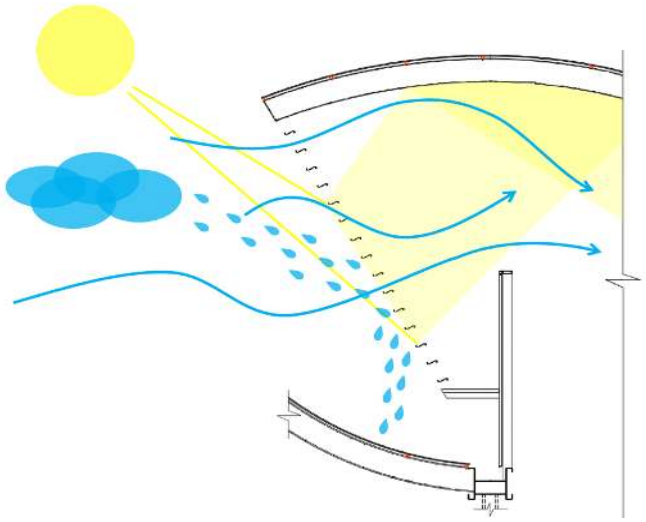
Figura 8 – Sistema de ventilação dos blocos de serviços gerais (à esquerda) e técnicos (à direita)



Fonte: [26].

Além disso, a ventilação natural se integra às estratégias de insolação. Assim, Lelé projeta em seus *sheds* um prolongamento da cobertura que se conecta com uma estrutura de aletas metálicas que tem como função proteger as aberturas da radiação solar direta e da incidência de intempéries naturais. Essa geometria ainda permite manter o fluxo de ar constante e prover iluminação natural aos ambientes internos (figura 9). Além disso, os *sheds* estão orientados para o sudeste, o que faz com que a radiação solar direta atinja as aberturas no período da manhã durante todo o ano.

Figura 9 – Aletas metálicas nos *sheds*



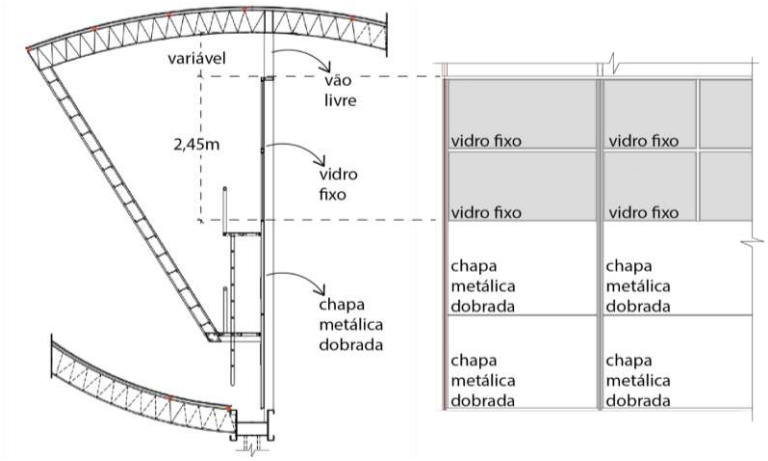
Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

O processo de construção do Hospital passou por diversas intercorrências até sua conclusão, impactando vários aspectos do projeto, como a escolha de materiais e alterações no sistema de ventilação. Isso ocorreu, pois esperava-se que a execução desse hospital fosse realizada com o apoio do CTRS, o que não foi viabilizado. A construção ficou inteiramente sob responsabilidade da prefeitura de São Carlos e um empreiteiro geral foi contratado por meio de licitação competitiva tradicional.

Por conta disso, algumas mudanças – ainda em fase de projeto executivo – foram efetivadas no sistema de ventilação. Segundo as conferências projetuais, nota-se que as aberturas dos *sheds* foram adaptadas e, assim, foram implantadas janelas fixas com 2,45m de altura aproximadamente, funcionando, nesses locais, apenas para iluminação natural. Isso tem um impacto muito significativo no sistema de ventilação natural, visto que a grande altura dos sheds tinha como uma das funções principais proporcionar a ventilação natural nos ambientes internos. Acima dessas janelas, os *shed*s ficaram livres para a passagem do ar, sem nenhum tipo de esquadria (Figura 10). A altura da área efetiva para ventilação depende da altura final do *shed*, portanto os vãos livres variam de 0,78m a 1,08m.

Os demais elementos do sistema de ventilação natural idealizado por Lelé, como os dutos de captação de ar, o pavimento técnico, as venezianas e os forros basculantes foram executados de maneira similar à ideia inicial do arquiteto, não acarretando mudanças na ventilação natural. Destaca-se, ainda, que os forros basculantes podem ser abertos e fechados de acordo com a necessidade dos usuários, sendo uma estratégia adequada em climas com desconforto por frio e calor durante o ano.

Figura 10 – Alterações realizadas nos *sheds*



Fonte: Adaptado de [29].

Atualmente, com o uso e ocupação do hospital e após a pandemia da COVID-19, algumas intervenções foram realizadas no sistema de ventilação que ocasionaram mudanças substanciais no desempenho do fluxo de ar interno. Segundo a equipe do hospital, a falta de manutenção dos forros basculantes fazia com que muitos deles ficassem fechados. Além disso, não havia a manutenção e limpeza dos *sheds* e dos forros basculantes, o que fazia com que caísse sujeira e material particulado do exterior dentro dos ambientes do hospital (figuras 10 e 11).

Figura 10 – Imagens internas dos forros basculantes e *sheds* sem limpeza ou manutenção



Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2023).

Figura 11 – Imagens externas dos *sheds* sem limpeza ou manutenção



Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2023).

Em decorrência disso, atualmente, em grande parte desses ambientes foram instalados forros de PVC abaixo dos forros basculantes, isolando o espaço de atendimento dos *sheds,* impossibilitando que o ar do ambiente se conecte com o sistema de ventilação. Nesses locais estão instaladas máquinas de ar-condicionado tipo *split*, para suprir com as demandas dos usuários. Apesar de algumas áreas críticas internas dos EAS necessitarem do uso de ventilação mecânica e condicionamento artificial, segundo a NBR 16401-3, para garantir a qualidade do ar interna e constante, as enfermarias não são áreas críticas e são totalmente passíveis de funcionarem com o uso da ventilação natural.

Durante as visitas, foi possível levantar também que, atualmente, apenas uma enfermaria encontra-se com o sistema original de ventilação, enquanto as demais já passaram pela adaptação e instalação de forros de PVC e ar-condicionado *split* (figura 12). Ainda assim, essa enfermaria encontrava-se interditada, pois iria passar por uma reforma que consistia em adaptar, dentre outras coisas, o sistema de ventilação. Além disso, segundo a equipe do hospital, apenas os corredores de circulação do hospital, por enquanto, permaneceriam com o sistema de ventilação original, por serem áreas que não precisam de um controle tão rigoroso de assepsia.

Figura 12 – Enfermaria com o sistema de ventilação original



Fonte**:** Arquivo pessoal das autoras (2023).

Diante das informações levantadas, algumas considerações e discussões são trazidas. Percebe-se que a vasta experiência de Lelé com projetos hospitalares de alta complexidade, como a Rede Sarah, permitiu ao arquiteto que seus projetos resultassem em uma arquitetura bioclimática e humanizada. Ao analisar o projeto do arquiteto para São Carlos, percebe-se que Lelé buscou implantar no projeto um sistema de ventilação natural que poderia ser utilizado durante todo o ano, uma vez que os forros basculantes poderiam ser abertos e fechados de acordo com a necessidade dos usuários, sendo uma estratégia bem aplicada ao contexto existente.

Além disso, ao observar a planta baixa do HU, nota-se um programa de necessidades extenso, que precisou ser organizado dentro de um grande setor, fazendo com que diversos ambientes não tivessem contato com o exterior pelas vedações laterais. Mesmo assim, a adoção desse sistema permite a criação de aberturas para o exterior pelos *sheds*, que além de fornecer um sistema de ventilação eficiente [27], aproveitando a iluminação natural indireta para os ambientes internos, reduzindo o uso de iluminação artificial.

Nota-se claramente a descaracterização do sistema de ventilação natural original, com o fechamento dos ambientes internos com um forro de PVC que isola completamente os ambientes internos da estrutura da cobertura. Além disso, tem-se o quase total fechamento das aberturas dos *sheds*, diminuindo drasticamente a quantidade de ar que percorre a edificação. Dessa forma, as trocas de ar não acontecem, prejudicando o conforto térmico dos usuários, assim como a perda total da iluminação natural advinda da cobertura, resultando em ambientes herméticos e não humanizados.

Ao analisar os motivos que levaram às alterações e adaptações de projeto que descaracterizam a arquitetura e o desempenho dos sistemas adotados, chega-se à conclusão de que o principal deles é a falta de manutenção e limpeza das estruturas componentes do sistema. Isso ocorre porque não existiu, em nenhuma etapa do projeto e obra, o planejamento de projetos de e para manutenção do hospital. Diante

disso, como o hospital se trata de um equipamento público que carece de investimentos de maneira geral, pouco foi investido ao longo do uso do edifício.

Ao contrário do que se percebe em outras experiências do arquiteto, que contavam com o auxílio do CTRS tanto no desenvolvimento dos projetos de manutenção dos hospitais, mas também na execução deles, no caso do HU-UFSCar, um processo de projeto segmentado resultou na perda de desempenho dos sistemas empregados devido às alterações necessárias, causando, portanto, a sua obsolescência. Dessa forma, as soluções projetuais não foram preservadas ao longo do funcionamento do hospital, trazendo diversas consequências aos usuários, principalmente.

CONCLUSÕES

A resultante desse estudo trouxe reflexões a respeito da importância de se realizar um planejamento, ainda em nível de projeto, de como será o uso e a manutenção da edificação, principalmente quando se trata de um equipamento de caráter público e de alta complexidade, como estabelecimentos de saúde. Projetos de e para manutenção e seus custos devem ser considerados nas soluções projetuais, buscando manter o desempenho dos sistemas adotados e evitando a obsolescência ou mau funcionamento dos mesmos. Percebe-se que as consequências do não planejamento desses aspectos, em alguns casos, podem acarretar mudanças substanciais na arquitetura e no desempenho dos sistemas adotados, gerando gastos que poderiam ser evitados se pensados desde o projeto inicial.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo apoio para realização da pesquisa. E à FAPESP, pela concessão da bolsa de Treinamento Técnico III, durante parte da pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2.ed, revisada. São Paulo: ProLivros, 2014.

[2] BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. **Introdução a ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2006.

[3] CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. J. de. Aplicabilidade dos limites de velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.4, p.59-68, out/dez 2010.

[4] GIVONI, B. **Man, climate and architecture.** London: Applied Science Publishers, 1976.

[5] ROYAN, M. E.; VAIDYA, P.; MUNDHE, P. Teaching natural ventilation using water table apparatus: A classroom teaching, simulation and design tool. In **PLEA 2018**; The Chinese University of Hong Kong: Hong Kong, China, 2018.

[6] MUNDHE, P.; DAMLE, R.M.; VAIDYA, P.; APTE, M.G. Quantification of airflow patterns in a naturally ventilated building simulated in a water table apparatus. In **PLEA 2018**; The Chinese University of Hong Kong: Hong Kong, China, 2018.

[7] QUADROS, B. M. **Ventilação natural para o conforto térmico e renovação do ar em ambientes de internação hospitalar**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2016.

[8] AGUIAR, J. R. C. **Desempenho da qualidade do ar em estudos de caso de ambientes hospitalares no contexto climático de Brasília – DF**. 2017. xvii, 164 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

[9] BICALHO, F. de C. **A Arquitetura e a Engenharia no Controle de Infecções**. Rio de Janeiro, RJ: Rio Books, 2010.

[10] NOROUZI, N.; GARZA, C. M.; BRINKERHOFF, G. Architecture of therapeutic environments: therapists' perspective on how design impacts children with autism. **The Journal of Architecture**, p. 1-15, 2024.

[11] SALES, G. L. **Diagrama de ventilação natural: ferramenta de análise do potencial da ventilação natural no estudo preliminar de projeto**. 2016. 217 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

[12] SHORT, C. A.; AL-MAIYAH, S. Design strategy for low-energy ventilation and cooling of hospitals. **Building Research & Information**, v. 37, n. 3, p. 264-292, 2009.

[13] CAMPOS, E. C.; GUEDES, B. A. M. **Impactos da Pandemia de COVID-19 sobre sistema de ar condicionado e climatização**. Governador Valadares: Ufjf-Gv, 2020.

[14] LI, L.; POPE, Z. C.; SON, Y.; EILTS, S. M.; HOGAN JR, C. J.; KONG, M. (2023). Effects of portable air filtration on submicrometer-and micrometer-sized particle deposition and concentration in a natural ventilated skilled nursing facility. **Building and Environment**, v. 240, p. 110454, 2023.

[15] MELIKOV, A. K. COVID-19: Reduction of airborne transmission needs paradigm shift in ventilation**. Building and environment,** v. 186, n. 107336, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107336>.

[16] LUKIANTCHUKI, 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) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

[17] LUKIANTCHUKI, M. A.; CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. Integrated design of industrialized building systems: The Technology Center Of the Sarah Network - CTRS, Brazil. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 103-118, jan./jun. 2015 http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.95913.

[18] LUKIANTCHUKI, M. A.; CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M.; CARAM, R. Industrialização da construção no Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS). A construção dos hospitais da Rede Sarah: uma tecnologia diferenciada através do Centro de Tecnologia da Rede Sarah – CTRS. **Arquitextos**, São Paulo, ano 12, n. 134.04, Vitruvius, jul. 2011.

[19] MOSANER, F. F. L. **O desenho e o processo de produção da arquitetura: João Filgueiras Lima (Lelé) e o Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS)**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[20] Software **EPVIEW 1.4** (2012). Elaborado por: RORIZ, M.

[21] LABEEE. Arquivos climáticos INMET 2016. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**, 16 de maio 2022. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>.

[22] PREFEITURA DE SÃO CARLOS. DADOS DA CIDADE (Geográfico e Demográfico). **Prefeitura de São Carlos,** São Carlos, 02 de jan de 2022. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/conheca-sao-carlos/115442-dados-da-cidade-geografico-e-demografico.html>.

[23] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711-728, 2014. DOI: < 10.1127/0941-2948/2013/0507>.

[24] CLIMATE DATA. CLIMA SÃO CARLOS (Brasil). **Climate Data**, 02 de jan. 2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-carlos-4818/>.

[25] GOOGLE EARTH. **Website**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>.

[26] LIMA, J. F. **Arquitetura, uma experiência na área da saúde**. Romano Guerra Editora, 2012.

[27] XAVIER, A. C. de A.; LUKIANTCHUKI, M. A.; DORNELLES, K. A. Análise da ventilação natural no Hospital Escola de São Carlos por meio de simulações CFD. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–13. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2108.

[28] DIÁRIO DA REITORIA UFSCAR. **Hospital Universitário recebe doação de insumos para prevenir a COVID-19.** Disponível em: <https://www.diariodareitoria.ufscar.br/hospital-universitario-recebe-doacao-de-insumos-para-prevenir-a-covid-19/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

[29] BRASIL ARQUITETURA**. Projeto básico de arquitetura do Hospital Escola de São Carlos**. 2008. Desenho técnico.