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

O desempenho térmico de estratégias bioclimáticas de sombreamento em fachadas em clima semiárido: Estudo de caso em Piripiri-PI

The thermal performance of bioclimatic shading strategies on façades in a semi-arid climate: A case study in Piripiri-PI

Mariana Lima Vieira
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil |arquitetura.mavi@gmail.com
Ricardo Victor Rodrigues Barbosa
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil |rvictor@fau.ufal.com

Resumo

O estudo realizado em Piripiri-PI investigou as estratégias bioclimáticas aplicáveis em edificações em clima semiárido, com foco em um edifício de saúde. O objetivo foi identificar como essas estratégias de sombreamento influenciam no desempenho térmico do ambiente. A justificativa se baseia na importância de adaptar projetos arquitetônicos ao clima local para melhorar o conforto dos usuários e reduzir custos operacionais. A metodologia utilizada foi o Estudo de Caso, com coleta de dados *in loco* por meio de medições ambientais (temperatura e umidade relativa externa e interna à recepção e entre a jardineira).Os dados de temperatura e umidade são comparados para avaliar a eficácia do sombreamento e troca de ar. Estratégias como sombreamento vegetativo nas fachadas leste e sul são destacadas por sua influência na humanização do ambiente e redução da temperatura interna. Observou-se uma diferença de até 3°C na temperatura interna com ventilação seletiva e esquadrias superdimensionadas. O estudo de caso mostra que o sombreamento vegetativo mais significativo resulta em uma redução de 1°C na temperatura interna.

Palavras-chave: Arquitetura bioclimática. Desempenho térmico. Estratégias passivas. Clima quente e seco. Sombreamento.

Abstract

The study conducted in Piripiri-PI investigated bioclimatic strategies applicable to buildings in a semi-arid climate, focusing on a healthcare building. The objective was to identify how these shading strategies influence the thermal performance of the environment. The justification is based on the importance of adapting architectural designs to the local climate to improve user comfort and reduce operational costs (temperature and relative humidity outside and inside the reception area and between the planters). The methodology used was the Case Study, with data collection on-site through environmental measurements. Temperature and humidity data were compared to evaluate the effectiveness of shading and air exchange. Strategies such as vegetative shading on the east and south façades are highlighted for their influence on

Como citar:
VIEIRA, M. V., BARBOSA, R. V. R. O desempenho térmico de estratégias bioclimáticas de sombreamento em fachadas em clima semiárido: Estudo de caso de Piripiri-PI. ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

humanizing the environment and reducing internal temperature. A difference of up to 3°C in internal temperature was observed with selective ventilation and oversized window frames. The case study shows that the most significant vegetative shading results in a 1°C reduction in internal temperature.

Keywords: Bioclimatic architecture. Thermal performance. Passive strategies. Hot and dry climate. Shading.

INTRODUÇÃO

A concepção ou adequação de projetos com o mínimo possível de impactos ambientais e consumo energético que proporcionem desempenho térmico das edificações são premissas fundamentais de trabalho para o profissional de arquitetura [1]. A adoção de estratégias bioclimáticas é um meio primordial para atingir os fins pretendidos na qual baseia-se parâmetros de projeto com adequação ao contexto climático.

Segundo Romero [2] a arquitetura bioclimática trata-se de um desenho arquitetônico aperfeiçoado pelas relações com o entorno e o meio ambiente, a partir de soluções projetuais. Para Lucas [3] esse tipo de arquitetura apropria-se de elementos arquitetônicos e sistemas construtivos para alcançar condições de conforto ambiental com pouca demanda energética. Portanto, observa-se a importância de conhecer o clima local para definir as estratégias bioclimáticas adequadas para obter o melhor desempenho térmico e energético.

Lamberts, Dutra e Pereira [4] abordam a importância de os edifícios oferecerem conforto ambiental independente das condições climáticas ali inseridas, um benefício adquirido pelas soluções projetuais que abrange conceitos de desempenho térmico, luminoso e acústico. Para esta pesquisa, os conceitos de desempenho térmico e bioclimatismo são as diretrizes orientadoras no estudo de caso desse trabalho. O edifício é concebido como uma máquina complexa de relações energéticas com capacidade acumuladora determinante em cada momento para o seu estado de energia interior [5].

Os princípios bioclimáticos ainda são pouco explorados pelos projetistas sobretudo na arquitetura hospitalar por se tratar de uma complexidade de soluções desde a sua concepção, por possuir uma relação direta com a saúde das pessoas. Segundo Romero [6], a humanização dos espaços de saúde associa-se à redução da ação de agentes infecciosos, a diminuição de impactos energéticos e diretamente relacionada à preocupação com o bem-estar coletivo.

Nesse sentido, a preocupação em adequar os projetos arquitetônicos ao contexto climático, sobretudo os municípios de clima quente e seco que possuem altas temperaturas durante o ano inteiro, é possível ser atenuado com estratégias bioclimáticas que amenizam o microclima local que podem significar melhoreis expressivas na humanização dos ambientes, na redução dos custos operacionais como a climatização e na amenização térmica dos usuários.

OBJETIVO

Analisar as estratégias bioclimáticas que influenciam no desempenho térmico empregadas numa recepção de edifício de saúde de clima semiárido.

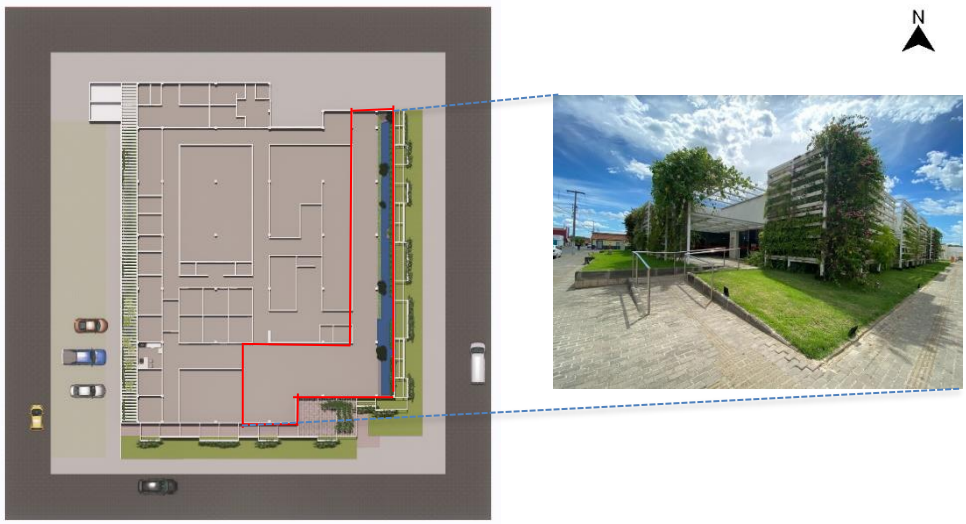
MÉTODO

Esta pesquisa baseia-se na análise do desempenho térmico provenientes das estratégias bioclimáticas utilizadas numa recepção de clínica de saúde situada em Piripiri, no estado do Piauí, Brasil. A partir da apresentação dos dados coletados da temperatura do ar e umidade externos e internas da recepção que interage com as fachadas leste e sul, será apresentado uma análise da influência das estratégias bioclimáticas na amenização da temperatura ao longo do dia, durante o verão.

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O estudo foi realizado numa recepção de uma clínica especializada em consultas e exames. O consultório analisado está orientado para o quadrante sul e leste, cuja incidência de radiação solar leste ocorre a partir das 7h no solstício de verão e um pouco antes do meio-dia no solstício de inverno (figura 1).

Figura 1: Planta baixa da clínica com recepção destacada em vermelho (à esquerda); Fachada Sul e Leste que compõem a recepção (à direita abaixo)



Fonte: os autores.

A recepção possui área de 74,44 m², com dimensões 35,00 m x 5,55 m ao leste e 13,72 m x 6,85 m ao sul, referentes à comprimento e largura, respectivamente. A iluminação natural incidente é proveniente das fachadas com vidro transparente temperado fixo com espessura de 10mm, de piso a teto, ocupando toda visão leste e sul com jardineiras metálicas brancas paralelas a uma distância de 2,00 m das vidraças.
As jardineiras foram fixadas no solo externo rodeada por grama que possui várias espécies nativas com predominância de samambaias e abacaxi roso e trepadeiras. No acesso principal sul a esquadria é protegida por um pergolado metálico e vidro temperado que por sua vez é sombreado mais acima pela continuidade da trepadeira que seve de fixação de uma tela aramada formando uma cobertura verde.

CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA LOCAL

A edificação escolhida como estudo de caso fica localizada no centro da cidade de Piripiri, no Piauí, Brasil. O local fica aproximadamente, distando 165km da capital Teresina e situa-se a 4° 16’ ao Sul e 41° 46´ ao Oeste (figura 2).

Figura 2: Localização de Piripiri no Piauí



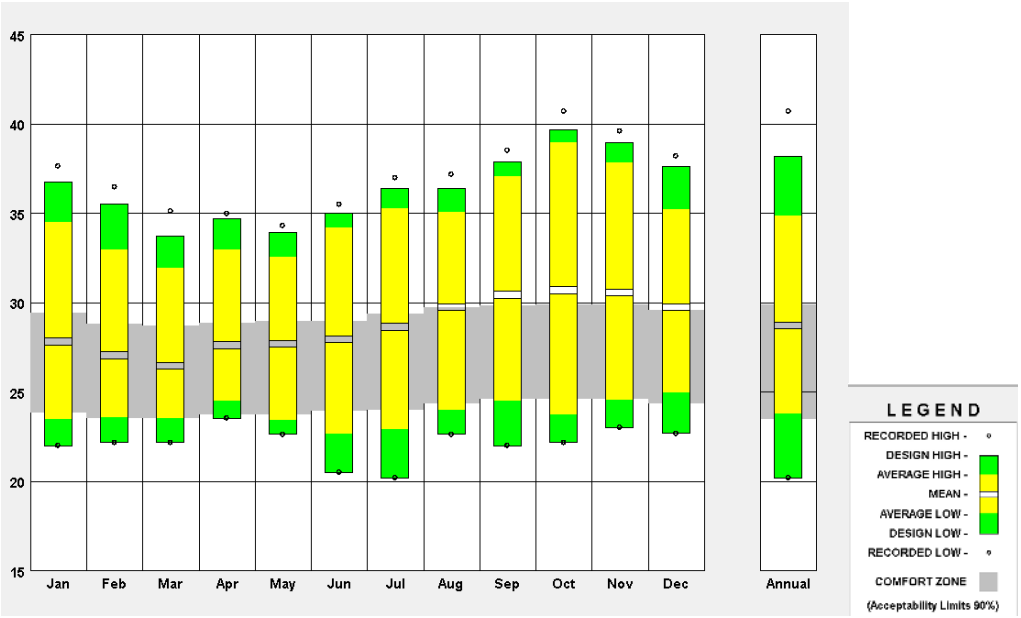
Fonte: Google maps (2024) adaptado pelos autores

De acordo com a NBR 15.220-3 [7] a cidade de Piripiri está inserida na zona bioclimática 7. Suas características climáticas foram analisadas através do arquivo climático TRY (*Test Reference Year*), com extensão EPW (*Energyplus Weather Data*), com base nos dados INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) disponíveis pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – labEEE da UFSC [8].

Em seguida, o arquivo foi inserido no programa *Climate Consultant* [9] que ofereceu gráficos com leitura dos dados a partir de modelos de conforto pré-selecionados utilizando o modelo adaptativo em ASHRAE *Standard* 55-2010 que considera para a leitura dos dados climáticos que os espaços são naturalmente ventilados onde os ocupantes podem regular a abertura das esquadrias e não deve haver nenhum sistema de resfriamento mecânico ou de aquecimentos operando.

O gráfico 01 oferece a zona de conforto correspondente para o inverno e o verão. De acordo com o gráfico o local possui maior amplitude térmica mensal de 18°C no verão registrado em outubro e a menor de 11°C no inverno registrado no mês de abril, com temperaturas normalmente acima de 20°C e abaixo de 43°C e com temperaturas médias mensal entre 27°C e 32°C. Nesse mesmo gráfico também é possível destacar que as temperaturas médias mensais estão dentro da zona de conforto entre janeiro e julho e fora da zona de conforto entre agosto e dezembro, representando 41% dos meses.

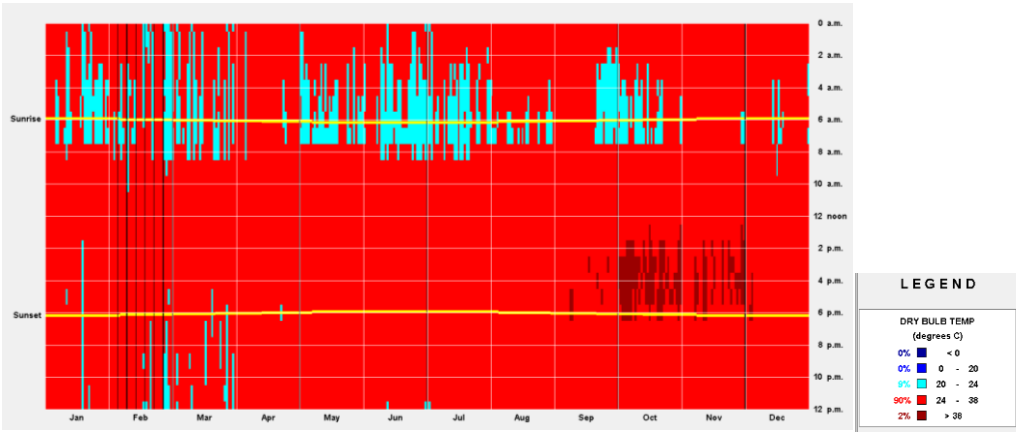
Gráfico 1: Faixas de temperatura máximas, médias e mínimas mensais



Fonte: Gráfico gerado pelo software Climate Consultant com os dados TRY do INMET.

No gráfico 02 verifica-se que a maior parte das temperaturas registradas no local (90%) estão entre 24°C e 38°C. A zona de conforto representou entre 2 da manhã e 7 da manhã concentrando-se entre os meses exceto abril, novembro e dezembro. Houve temperaturas críticas pelo período da tarde entre setembro e novembro.

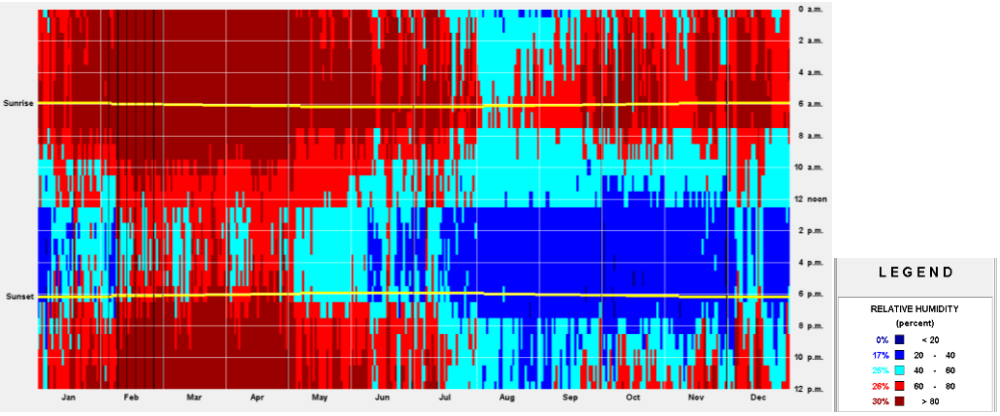
Gráfico 2: Registros diários de temperatura de bulbo seco (unidade)



Fonte: Gráfico gerado pelo software Climate Consultant com os dados TRY do INMET.

Verifica-se a partir do gráfico 03 que a umidade relativa do local é baixa, estando acima de 80% pela madrugada e à noite entre janeiro e julho. Obteve-se níveis de conforto entre 8h da manhã e meio dia e 6h a 10h da noite entre julho e dezembro. Verificou-se que houve um intervalo abaixo da zona de conforto entre meio dia e 18h da noite entre julho e dezembro.

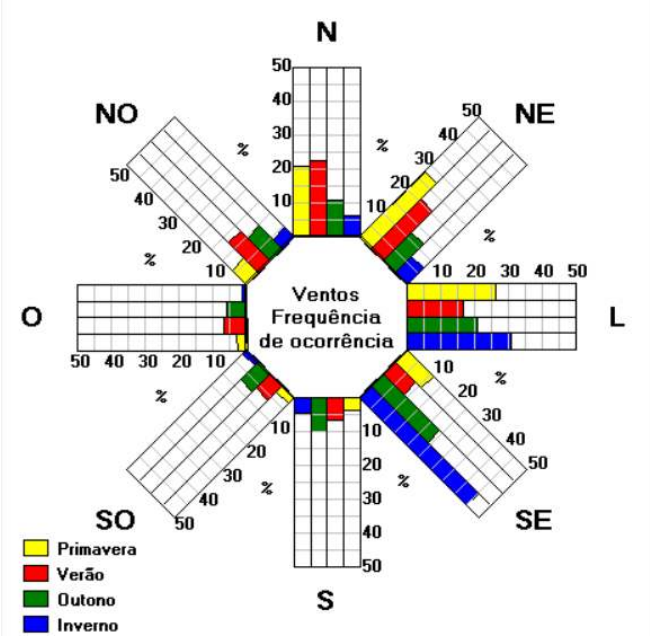
Gráfico 3: Registros diários de Umidade Relativa (%)



Fonte: Gráfico gerado pelo software Climate Consultant com os dados TRY do INMET.

A rosa dos Ventos da figura 3 a seguir destaca a predominância dos ventos em Piripiri-PI para Leste e sudeste, disponibilizada pelo *software* SOL AR 6.2 [10]. Observa-se que a maior frequência do vento, na estação do inverno, é na direção leste e sudeste enquanto que na estação da primavera a predominância é na direção nordeste e Leste, alcançando 25% da frequência de ocorrência dos ventos. Durante todo o verão observou-se baixa frequência de vento atingindo o máximo de 20% na direção Nordeste e Leste.

Figura 3: Rosa dos ventos (diurna) para as estações do ano



Fonte: SOL-AR 6.2 adaptado pelo autor

Assumindo apenas as estratégias de *design* que foram selecionadas na carta psicométrica, 43,3% das horas serão confortáveis (figura 3). Dentre a lista de diretrizes aplica-se especificamente a este clima específico, a edificação em estudo contempla a zona de amortecimento externas sombreadas (jardineiras leste e sul) orientadas para as brisas predominantes podem ampliar as áreas de estar e de trabalho em climas quentes. Destaca-se também enquanto estratégia de sombreamento o uso de vegetais

em paredes, especialmente no Oeste para minimizar o ganho de calor; minimizar ou eliminar o uso de vidros voltados para o oeste.

EQUIPAMENTOS UTILZADOS

Para analisar o desempenho térmico da recepção foi utilizado sensores para medição da temperatura do ar e umidade do modelo HOBO UX 100-011 para uso interno e HOBO Pro V2 para usos externos. Este último era protegido da radiação direta e chuva por uma cesta branca vazada de plástico com isolamento (figura 4) entre a vidraça da recepção e as jardineiras das fachadas sul e leste

Figura 4: Sensores para medição de temperatura do ar HOBO UX 100-011 e HOBO Pro V2 (à esquerda); Cesta com isolamento para proteção dos equipamentos externos contra intempéries (à direita)



Fonte: Os autores, 2023

A comparação da temperatura externa com a interna foi para avaliar se as estratégias bioclimáticas do edifício proporcionam amortecimento térmico e se o microclima interno da recepção possui vantagens em localização a depender da proximidade de algum elemento bioclimático das fachadas leste e sul, proposto pela NBR 15.575 [10] enquanto critério para avaliação de desempenho térmico.

CAMPANHA DE MONITORAMENTO

O monitoramento ocorreu durante 2 dias (15/10/2024 e 16/10/2024) com vidraças fechadas e 2 dias (19/10/2024 e 22/10/2024) com as vidraças abertas, sendo o interno a uma altura de 1,20m do piso no centro da recepção dividido em 4 pontos (figura 5). Durante os estudos não foi utilizado ar-condicionado e nem iluminação artificial.

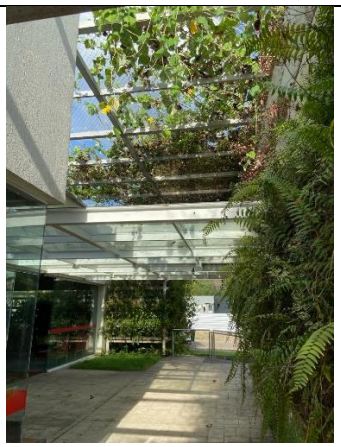
Figura 5: Pontos de coleta da Temperatura do ar e Umidade relativa externas e internas à recepção



Fonte: Os autores, 2023

O mês de outubro se deu devido as maiores temperatura apresentadas na caracterização climática, possuindo assim uma maior representação da eficiência das estratégias bioclimáticas. O quadro 1 apresenta a nomenclatura utilizada para cada ponto de coleta com aberturas abertas ou fechadas (durante todo o horário de funcionamento da clínica). A coleta foi feita no mês de outubro, nos finais de semana e feriados municipais, para que não houvesse intervenção do calor humano e nem de ar condicionado.

Quadro 1: Descrição dos pontos de coleta internos e externos

JLE – Entre as jardineiras voltadas para face leste e paralelas à recepção	JSU – Entre as jardineiras e cobertura de dupla camada em vidro temperado e vegetação voltadas para a face sul (acesso principal)
	
R1 E R2 – Pontos de coleta no centro da recepção com altura de 1,10m.	Vista da proximidade entre os pontos de medições JLE e R1 e R2





Fonte: Os autores, 2023

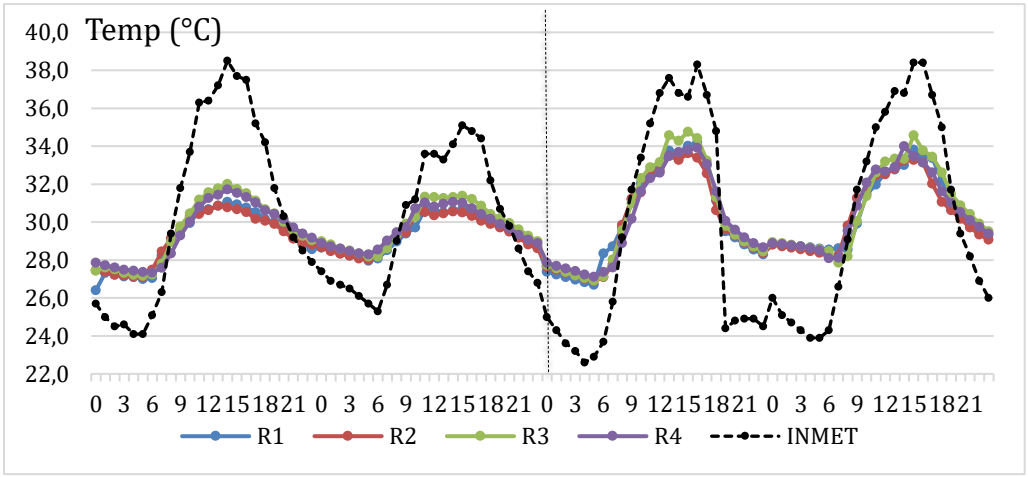
RESULTADOS

Através dos resultados obtidos pelas medições *in loco*, foi possível desenvolver gráficos que auxiliaram na análise do desempenho térmico proposto no estudo.

COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA COM ESQUADRIAS FECHADAS OU ABERTAS

O gráfico 4 apresenta comparações da temperatura do ar interna e externa da recepção realizadas em outubro de 2023 (verão) para os quatro dias de medições (15/10/2024, 16/10/2024, 19/10/2025 e 22/10/2024); demonstram que a amplitude térmica externa (a diferença entre a temperatura máxima e mínima de um dia) para as esquadrias fechadas é de aproximadamente 14,5°C, sendo mais que o triplo da interna, que é de aproximadamente 4,7°C no ponto R3 que houve a maior diferença significativa entre as temperaturas máximas alcançadas. Para as esquadrias abertas verificou-se uma amplitude térmica externa de 15,6°C e a interna de 6,7°C no ponto R3.

Gráfico 4: Comparação entre a temperatura do ar interna e externa à recepção nos quatro dias monitorados, os dois primeiros com esquadrias fechadas e os dois últimos com esquadrias abertas



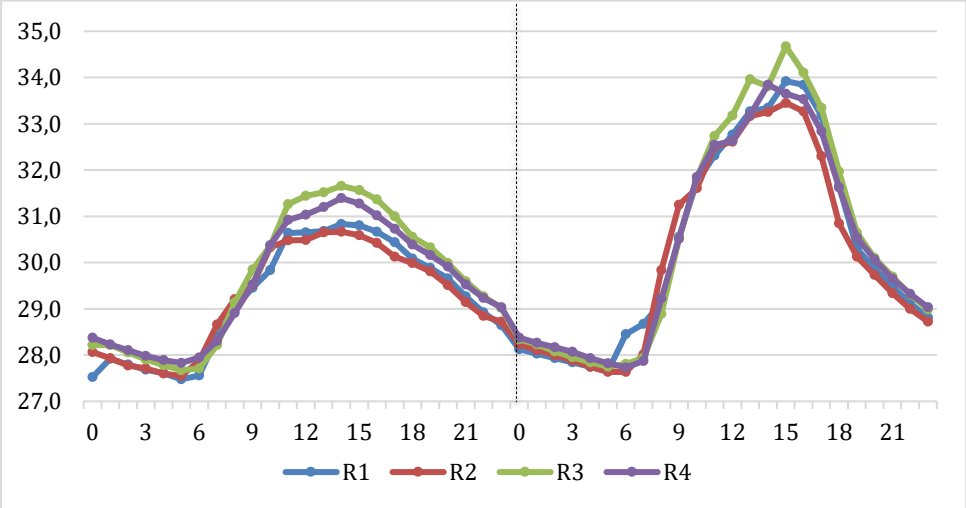
Fonte: Os autores, 2023

Com base nesses dados, é possível observar que nos dias 01 e 02 de esquadrias fechadas houve um amortecimento térmico de até 7°C da temperatura máxima alcançada internamente, em relação à alcançada externamente. Com as esquadrias abertas, o amortecimento térmico da temperatura máxima alcançada internamente foi de até 3,8°C, ao levar em consideração as trocas térmicas do ambiente externo com o interno.

Nota-se também que nas duas fases de medições (esquadrias fechadas e abertas) a temperatura externa se manteve mais alta que a interna, havendo uma diferença muito baixa paras as duas fases enquanto que as temperaturas internas observou-se um comportamento semelhantes entre os pontos R1 e R2 assim como R3 e R4 que pode ser explicada pelas estratégias diferentes de sombreamento da fachada envidraçada leste e sul, que será explorada posteriormente ao analisar o microclima das respectivas fachadas.

O gráfico 05 apresenta as temperaturas médias dos pontos internos R1 a R4 para o dia de maior temperatura externa captada nas duas situações. Os resultados obtidos demonstram que os pontos R3 e R4 prevalecem com maiores temperaturas que os pontos R1 e R2, nas duas condições de esquadrias fechadas e abertas. Para a esquadria fechada o ponto R4 possuiu 1°C a mais comparado ao ponto R2. Observa-se também um comportamento semelhante de R4 comparado ao R3. Mas foi durante as medições com esquadrias abertas que se obteve as maiores temperaturas internas atingindo 34,7°C para o ponto R4 e 33,2°C para o ponto R2. Vale ressaltar que os pontos de maior temperatura estão próximo também à abertura sudeste, onde há a predominância dos ventos em Piripiri-PI como apresentando anteriormente na rosa dos ventos.

Gráfico 5: Temperatura média dos pontos R1 a R4 internos para os dias de maiores temperaturas externas com esquadrias fechadas e abertas, respectivamente



Fonte: Os autores, 2023

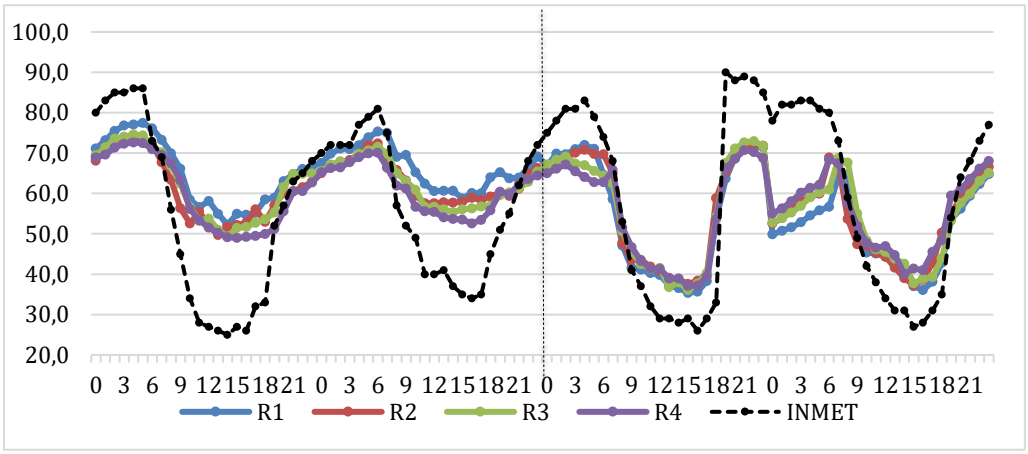
Desse modo, observa-se que as trocas de ar interna e externa resultou numa diferença de 3°C comparado à esquadria fechada, apresentando assim a necessidade de uma ventilação seletiva, a fim de controlar e direcionar o fluxo de ar para otimizar o conforto térmico e a qualidade do ar interno. Outro fator importante a ser observado

é que mesmo ponto R1 possui comportamento semelhante ao ponto R2, o primeiro ainda se encontra com um nível de temperatura relativamente mais alta, na qual a única condição diferente e que pode explicar o fenômeno é a sua proximidade com a parede voltada para a fachada norte que recebe insolação direta sem presença de elementos de sombreamento. De qualquer forma, ela possui material pesado em alvenaria com massa específica aparente entre 1600 kg/m³ e 1800 kg/m³, conforme recomendado pela NBR 15220/3 de 2005.

Quanto à umidade relativa apresentada no gráfico 6, comparou-se os pontos R1 a R4 com a base dados de temperatura externas do INMET onde este último alcançou 85% pela madrugada e 25% às 15h enquanto a esquadria estava fechada. Enquanto isso, os pontos internos R1 e R2 possuíram maiores valores em torno de 75% da sua umidade máxima e 55% da sua umidade mínima.

Devido as trocas de ar observou-se acentuada redução da umidade interna nos dois últimas dias de coleta enquanto as esquadrias estavam abertas, observando uma diferença de 22% de umidade do mesmo ponto R1. Vale ressaltar que a recepção contempla de espelho d'agua e as jardineiras externas recebem rega quatro vezes por dia. Que auxiliou no desempenho da umidade interna comparado à externa. Nas condições de esquadria aberta, a máxima do ponto R3 foi de 72% que equivale a 6% a menos comparado às condições de esquadria fechada.

Gráfico 6: Comparação entre a Umidade Relativa do Ar externa e interna à recepção nos quatro dias monitorados, os dois primeiros com esquadrias fechadas e os dois últimos com esquadrias abertas

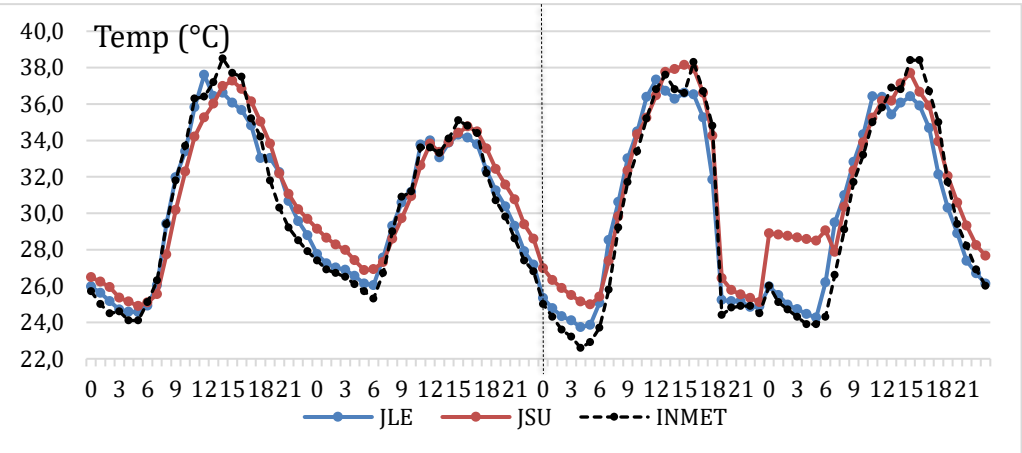


Fonte: Os autores, 2023

Observa-se a partir do gráfico 07 a influência do sombreamento das jardineiras no microclima externo entre as jardineiras e a cortina de vidro. Enquanto o arquivo climático do INMET encontrava-se a 38,5°C de temperatura máxima externa, o microclima externo da fachada leste (JLE) garantia 38°C de temperatura máxima e para a fachada Sul 37,5°C. Enquanto a temperatura mínima apresentou no INMET 24°C e entre as jardineiras JLE 24,5°C e para JSU 25,2°C que pode ser entendido a partir do aquecimento dos materiais da cortina de vidro e da estrutura metálica branca das jardineiras. A fachada sul que se observou 0,7°C a mais que a fachada Leste tem o agravante da cobertura de vidro, mesmo que esta esteja parcialmente protegida por vegetação.

Desse modo, percebe-se também a influência na temperatura interna dos pontos R3 e R4 que são os mais próximos da fachada Sul, principalmente o ponto R3 que esteve também próximo da esquadria aberta de acesso principal nos dois últimos dias de medição, observando assim a necessidade da ventilação seletiva e aberturas menores como trata as recomendações da NBR 15220/3 de 2005 citados anteriormente.

Gráfico 7: Temperatura do ar externa a partir do microclima gerado entre as jardineiras e a cortina de vidro nas fachadas Leste (JLE) e Sul (JSU)



Fonte: Os autores, 2023

CONCLUSÕES

Com base nos resultados, é perceptível atenuação do microclima externo encontrado nas fachadas leste e sul que possuem sombreamento vegetativo além do reforço estético para a recepção. Contatou-se que as estratégias de sombreamento protagonizaram a redução da temperatura do ar sobretudo se a ventilação for seletiva, uma vez que se contatou 3°C a mais quando há a troca de ar externo e interno, se as esquadrias forem superdimensionadas.

Constatou-se também comportamentos diferentes na recepção onde analisou-se 04 pontos, na qual destaca-se a diferença de 1°C a menos na temperatura interna quando há sombreamento vegetativo na fachada mais significativo que outros elementos menos arbustivos, observando assim a relação da eficiência térmica com a quantidade de estratégias bioclimáticas de sombreamento utilizadas.

Desse modo, destaca-se que a aplicação com excelência de estratégias de sombreamento para o clima semiárido pode contribuir para um ambiente com mais qualidade térmica capaz de alcançar a simplificação do vocabulário formal, a superação da semelhança de tratamento das fachadas e a limitada expressão urbanísticas das cidades.

REFERÊNCIAS

[1] SANCHO, Thaís Aurora Vilela; TEIXEIRA, Éderson Oliveira. Estratégias bioclimáticas que influenciam no conforto térmico: os hospitais Sarah Brasília e Sarah Lago Norte.

2021. **Arquitetura e Urbanismo**: Patrimonio, Sustentabilidade e tecnologia 3. Org. Jeanine Mafra Migliorini.

[2] ROMERO, MAB. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. 4ª reimpressão. Brasília: Editora Unb, 2015. LUCAS, Christine P. Análise bioclimática de conjunto arquitetônico moderno de valor cultural: a Faculdade de Educação da Universidade de Brasília. 2017. 178 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

[3] LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando OR. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 2014. 3ª Edição. São Paulo: PW.

[4] ROMERO, M. A., Frederico, C., & Teixeira, S. E. O. (2015). **Reabilitação ambiental sustentável arquitetônica e urbanística**.

[5] ROMERO, M. A.; SALES, G. L. **Tecnologia e sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde**: registro do curso de capacitação em arquitetura e engenharia, aplicado à área da saúde, hemoterapia e hematologia. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2016.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações –Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b

[7] LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos Climáticos.** 2023. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos. Acesso em: 23 outubro 2023.

[8] MILNE, M. **Climate Consultant.** Disponível em: http://www.energy-designtools.aud.ucla.edu/. Acesso em: 10 nov. 2023

[9] **Society of Building Science Educators (SBSE**). (n.d.). Climate Consultant. Retrieved from https://www.sbse.org/resources/climate-consultant.

[10] **Ministério de Minas e Energia (MME).** (n.d.). Analysis Sol-Ar. Retrieved from http://www.mme.gov.br/projeteee/implementacao/analysis-sol-ar/