# APARTAMENTOS STUDIO COMO MORADIA: DESEMPENHO E CONFORTO TÉRMICO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**Thais Sayuri Hashimoto Kanada (1); Shaiane Gomes Viana (2), Alberto Hernandez Neto (3), Denise Helena Silva Duarte (4)**

(1) Arquiteta e Urbanista, thaissayuri@alumni.usp.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 876, Cidade Universitária, São Paulo/SP, (011) 3091 4681

(2) Arquiteta e Urbanista, shaiane@usp.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 876, Cidade Universitária, São Paulo/SP, (011) 3091 4681

(3) Engenheiro Mecânico, ahneto@usp.br, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2231, Cidade Universitária, São Paulo/SP, (11) 3091-5355

(4) Engenheira Civil, dhduarte@me.com, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 876, Cidade Universitária, São Paulo/SP, (011) 3091 4681

## RESUMO

Após a aprovação do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo em 2014, houve um aumento significativo de lançamentos de apartamentos compactos na cidade e, dessa forma, a tipologia do studio se tornou comum em edifícios residenciais, normalmente tendo apenas uma face com abertura para o ambiente externo, a qual muitas vezes é (ou existe a possibilidade de vir a ser) envidraçada, formato que gera um aumento da temperatura interna e limita a ventilação do ambiente. Além disso, o aumento da temperatura global combinado com os fenômenos locais de aquecimento urbano, torna fundamental a problematização e o estudo do desempenho térmico desses pequenos apartamentos em cenários climáticos futuros. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo a caracterização do estoque construído de apartamentos com 50m² ou menos na cidade de São Paulo e, a partir disso, a seleção de uma unidade considerada representativa para estudo de desempenho térmico por meio de simulação computacional pelo software EnergyPlus com dados climáticos de 2020 e projeções futuras para os anos 2030, 2050 e 2080 alinhadas ao cenário RCP8.5 do IPCC AR5. Duas alternativas projetuais para envidraçamento da fachada e uma alternativa de aumento do sombreamento externo foram analisadas. Para 2080, as alternativas projetuais de envidraçamento promoveram um aumento de 43% e 66% de horas ocupadas em desconforto por calor, respectivamente, em comparação com o projeto original, enquanto a alternativa com maior sombreamento externo resultou em uma redução de 25% de horas ocupadas em desconforto por calor, em relação ao projeto original.

Palavras-chave: conforto térmico, desempenho energético, mudanças climáticas, edifícios residenciais.

## ABSTRACT

After the approval of the São Paulo Strategic Master Plan in 2014, there was a significant increase in the number of compact apartment releases in the city and, therefore, the studio typology became common in residential buildings, usually having only one wall with an opening to the outdoor environment, which is often (or there is the possibility of becoming) glazed, a design that generates an increase in the indoor temperatures and limits the ventilation capability. In addition, the increase in global temperature combined with the local phenomena of urban heating, it becomes fundamental to problematize and study the thermal performance of these small apartments in future climate scenarios. Therefore, this study aimed to characterize the built apartments stock with 50m² or less in the city of São Paulo and, from this, the selection of a unit considered representative for the study of thermal performance through computational simulation using the software EnergyPlus considering 2020 climate data and future projections for the years 2030, 2050 and 2080 aligned with RCP8.5 climate change scenario from IPCC AR5. Two glazing scenarios and a strategic scenario of increased external shading were analyzed. For 2080, the glazing scenarios showed a 43% and 66% increase in occupied hours in heat discomfort compared to the design situation, while the strategic scenario resulted in a 25% decrease in occupied hours in heat discomfort compared to the design situation.

Keywords: thermal comfort, energy performance, climate changes, residential buildings.

## 1. INTRODUÇÃO

A humanidade encontra-se entre uma pandemia parcialmente controlada e uma corrida para minimizar os efeitos climáticos extremos nos anos futuros, além de outros desafios relacionados, como a transição energética. A pandemia de COVID-19 deixa profundas marcas para a população mundial, entre elas o isolamento social, medida que pode vir a ser necessária nas décadas subsequentes se as causas das mudanças climáticas não forem mitigadas, visto que ondas de calor levariam os seres de quase todo o mundo a evitar ambientes externos (UN GLOBAL COMPACT, 2020). Diante desse contexto, é essencial estudar e problematizar a qualidade das moradias produzidas atualmente, sobretudo em áreas urbanas, onde se prevê um grande aumento populacional. Estima-se que até 2050 dois terços da população mundial venham a residir em áreas urbanas, onde os riscos de eventos extremos de calor irão afetar metade dessa população, sobretudo no hemisfério sul tropical e em cidades costeiras (IPCC, 2021). No Brasil, com dados censitários já defasados, são cerca de 84% da população urbana e, no Estado de São Paulo, 96% (IBGE, 2010).

Na cidade de São Paulo, houve uma mudança no perfil de produção de edifícios residenciais após a aprovação do Plano Diretor Estratégico de 2014, com destaque às unidades de 1 dormitório, que chegaram a representar 32% dos lançamentos residenciais no ano de 2014 (SECOVI, 2021). Portanto, a proliferação do modelo de apartamento studio na cidade é evidente, atendendo um público formado principalmente por casais sem filhos, jovens emancipados, pessoas divorciadas e idosos (ROLNIK, 2017).

Todavia, essa produção de apartamentos studio, caracterizados pela área útil diminuta que limita as possibilidades de layout interno dessas unidades, coloca em discussão o desempenho térmico desse modelo de moradia. Isso se dá uma vez que existe um emergente risco de desconforto em ambientes internos devido às mudanças climáticas, que afetam negativamente os índices de conforto térmico e/ou aumentam as horas de desconforto por calor excessivo em cenários climáticos futuros (IPCC, 2021).

A compreensão e o estudo da produção imobiliária atual é, portanto, essencial para que se possa avaliar e elaborar estratégias que orientem e contribuam para o estabelecimento de boas práticas arquitetônicas e urbanísticas que visem a produção de edifícios mais resilientes às mudanças climáticas e que possam promover conforto e qualidade de vida aos seus usuários em cenários climáticos futuros.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é problematizar e dimensionar a resiliência de apartamentos compactos na cidade de São Paulo perante as mudanças climáticas do ponto de vista de desempenho e conforto térmico por meio de simulação computacional pelo software EnergyPlus e do modelo de conforto adaptativo ASHRAE-55 (2020). A proposta é avaliar uma unidade studio em diferentes configurações arquitetônicas e cenários climáticos, de forma quantitativa e comparativa dos resultados, fazendo uma análise da evolução do comportamento térmico da unidade e das condições de conforto térmico ao longo das próximas décadas.

## 3. MÉTODO

O método empregado neste trabalho tem quatro etapas:

1) Catalogação e sistematização de edifícios residenciais multifamiliares com a tipologia studio na cidade de São Paulo, construídos após o Plano Diretor Estratégico de 2014;
2) Seleção, a partir da sistematização inicial, de uma unidade studio considerada "típica" para estudo de desempenho térmico pelo software EnergyPlus com dados climáticos atuais (2020) e projeções futuras para os anos de 2030, 2050 e 2080, alinhadas ao cenário RCP8.5 do IPCC AR5 (projeção futura considerando a manutenção das emissões de gases de efeito estufa, representando o cenário "*buisiness as usual*");
3) Elaboração e análise de alternativas projetuais que contemplam a possibilidade de integração do ambiente da sala com a terraço técnico, considerando o fechamento total com vidro e diferentes opções de operação de aberturas;
4) Elaboração e análise de uma alternativa projetual com aumento do sombreamento externo, como estratégia de diminuição de carga térmica, para fins comparativos.

### 3.1. Catalogação e sistematização

Visto que houve um aumento de lançamentos imobiliários de 1 dormitório no ano de 2014, estimulado pelas novas diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor Estratégico de São Paulo, foi definido o recorte cronológico de lançamentos de empreendimentos residenciais de 2014 a 2021 para a catalogação e sistematização.

Sendo assim, foram estabelecidas três regiões da cidade de São Paulo para serem analisadas: República, Santa Cecília e o Eixo de Estruturação da Transformação Urbana da Av. Rebouças. Essas regiões se mostraram pertinentes ao estudo, tanto do ponto de vista da escala urbana, que trata do microclima urbano e da distribuição de vegetação na cidade, quanto do ponto de vista da escala do edifício, uma vez que são regiões densamente construídas da cidade e que vivem o fenômeno de "volta ao centro" da última década.

Para o levantamento de dados, foram utilizadas as seguintes fontes:

- GeoEmbraesp: dados de lançamentos residenciais em São Paulo em 2014;
- GeoSecovi: dados de lançamentos residenciais em São Paulo de 2014 a 2021;
- Apto.vc: site de venda de imóveis utilizado para obtenção de imagens das fachadas dos edifícios e plantas das unidades;
- Demais fontes: contatos com diversas incorporadoras e construtoras com lançamentos de edifícios residenciais recentes.

A partir dessas fontes, foram coletados dados de unidades residenciais do tipo studio com até 50m² em edifícios de múltiplos andares. As informações coletadas de cada unidade foram:

- Nome do edifício/empreendimento;
- Área útil;
- Região (República, Santa Cecília ou Eixo de Estruturação da Transformação Urbana da Av. Rebouças);
- Endereço;
- Ano de lançamento (se disponível);
- Planta da unidade;
- Imagem da fachada;
- Planta do pavimento tipo (se disponível);
- Área e perímetro livre com potencial de envidraçamento do terraço (se houver);
- Infraestrutura para ar-condicionado;
- Fonte das informações coletadas.

Tais informações foram organizadas em planilhas para catalogação, sistematização de dados e análise. A partir daí, foi possível compreender melhor a produção da tipologia studio na cidade de São Paulo, o que embasou as decisões e procedimentos adotados a seguir e que deram continuidade à pesquisa.

## 3.2. Estudo de desempenho térmico

A partir da catalogação e sistematização, foi selecionada uma unidade studio considerada representativa da tipologia para estudo de desempenho térmico. Sendo assim, as dimensões do apartamento foram estimadas com base nas imagens publicitárias divulgadas pela construtora (plantas humanizadas, planta esquemática do pavimento tipo, imagens renderizadas de fachada e interiores).

A simulação termodinâmica foi realizada com o software EnergyPlus (v.9.0.1) e a modelagem das unidades foi feita no SketchUp com auxílio da ferramenta de extensão OpenStudio. A unidade de estudo foi modelada e simulada para dois pavimentos distintos, sendo um inferior (equivalente ao 1º andar acima do térreo) e um superior (equivalente ao 18º andar).

Os ambientes internos da unidade foram modelados como *space objects* e, o terraço técnico, como *shading surfaces*. A volumetria do entorno imediato também foi modelada como elementos de sombreamento e as alturas das edificações foram obtidas através da base de dados do Geosampa. Não foram modelados, entretanto, os guarda-corpos, pois eles influenciariam muito pouco no resultado final. Também não foram modelados os demais espaços não analisados do edifício, portanto as superfícies em contato com outros ambientes (tetos, pisos, paredes entre unidades e paredes entre unidade e circulação) foram configuradas como adiabáticas e sem incidência solar direta.

As demais premissas de simulação, perfis de ocupação, cargas térmicas, operação das aberturas e dados dos materiais de envoltória foram estabelecidos com base nas normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2021). Para os elementos construtivos, foram determinadas composições de materiais considerados mais comuns: alvenaria em bloco de concreto para as paredes externas e entre unidades, drywall para as paredes internas da unidade (paredes do banheiro), e concreto armado para as lajes entre pisos.

As simulações foram realizadas para quatro cenários climáticos, com o objetivo de obter resultados quantitativos que permitissem uma análise comparativa da evolução do desempenho térmico da unidade estudada ao longo dos próximos anos dentro do contexto de mudanças climáticas. Sendo assim, foram utilizados dados climáticos atuais (2020) e projeções climáticas futuras para os anos 2030, 2050 e 2080, cujos arquivos climáticos foram elaborados e gentilmente cedidos pela empresa WeatherShift (DICKINSON,

BRANNON, 2016) para a realização dessa pesquisa. As projeções climáticas futuras são desenvolvidas com base no cenário RCP 8.5 (Representative Concentration Pathway), que representa a manutenção das emissões atuais (*business as usual*) de acordo com o AR5 (Fifth Assessment Report) do IPCC. Vale ressaltar que a WeatherShift utiliza um conjunto de modelos numéricos (não especificados) para a projeção climática de 259 cidades (incluindo São Paulo, cujos dados climáticos projetados foram utilizados para esse estudo) para elaboração de um ano meteorológico típico (TMY) a partir dos dados de múltiplos anos (RODRIGUES et al, 2023).

Os dados obtidos a partir da simulação referem-se à zona do ambiente principal (sala/dorm.) analisado no intervalo de 1 hora no período de um ano (365 dias). Em uma primeira etapa, os outputs extraídos foram: temperatura operativa (TO) e temperatura externa média mensal (Tm). A partir desses dados, foram calculadas as porcentagens de horas ocupadas em conforto, desconforto por frio ou desconforto por calor de acordo com o Modelo Adaptativo da ASHRAE 55 (2020) para 80% de aceitabilidade de conforto térmico, de acordo com as equações:

$$\text{Hora em conforto se } (0{,}31*Tm) - 14{,}3 < TO < (0{,}31*Tm) + 21{,}3 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Hora em desconforto por frio se } TO < (0{,}31*Tm) - 14{,}3 \quad \text{Equação 2}$$

$$\text{Hora em desconforto por calor se } TO > (0{,}31*Tm) + 21{,}3 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:
Tm é a temperatura externa média mensal [°C];
TO é a temperatura operativa [°C].

### 3.3. Análise de alternativas projetuais de integração da sala com o terraço

É bastante comum, especialmente no caso de apartamentos studio, algum tipo de incentivo direto à integração da sala com o terraço técnico (como será evidenciado a seguir nos resultados da catalogação e sistematização); entretanto, essa prática resulta em um aumento da área de permanência prolongada e fechamento do perímetro do, outrora, terraço técnico com vidro. Esses fatores afetam diretamente o desempenho térmico do apartamento; sendo assim, considerou-se de interesse realizar uma análise mais aprofundada sobre o desempenho térmico da unidade com essas alterações. Dessa forma, foi proposto um novo layout para a unidade estudada, passando de 19m² para aproximadamente 20,7m² com a integração do terraço técnico à área da sala/ dormitório, eliminando-se, assim, o elemento de sombreamento horizontal que correspondia a esse terraço e ampliando-se as dimensões da superfície de vidro para toda a extensão da fachada do apartamento.

Para o fechamento, foram consideradas duas possibilidades de caixilharia: A) 6 folhas de vidro operáveis de piso a teto, mantendo-se o guarda-corpo metálico (taxa de abertura = 16%); B) 6 folhas de vidro operáveis com peitoril de vidro fixo (taxa de abertura = 8%). Pressupõe-se que, em um ambiente de sala/dormitório, a abertura total da fachada de vidro não seja tão usual devido à privacidade, portanto foram consideradas taxas de abertura (16% e 8%) correspondentes à abertura de uma folha de cada tipo de caixilho. Todas as demais premissas de simulação foram as mesmas do projeto original.

### 3.4. Alternativa projetual com ampliação do sombreamento externo pelo terraço

Por fim, foi proposta uma alternativa projetual visando a melhora do conforto térmico da unidade que segue premissas opostas à integração sala com o terraço apresentada no item anterior, ampliando-se o terraço técnico como estratégia de sombreamento. A extensão da laje aumenta o sombreamento para o apartamento, podendo então ser considerada como uma estratégia de resfriamento passivo ao reduzir os níveis de incidência solar direta e, assim, contribuir para a redução da temperatura interna face ao aumento de temperatura externa devido às mudanças climáticas.

Portanto, foi proposta essa alternativa projetual considerando-se a ampliação do terraço técnico como elemento de sombreamento. Na situação de projeto, o terraço técnico da unidade estudada possui apenas 0,45m de largura; sendo assim, essa dimensão foi aumentada para 1,08m somando-se ainda uma aba de 0,45m (exigência pela IT09/2019 da CBPMESP de segurança contra incêndio, com o objetivo de dificultar a propagação vertical do fogo, mas que também pode cumprir a função de ampliar o sombreamento desejado), tendo como referência o desenho dos terraços das demais unidades do edifício (de 2 ou 3 dormitórios). Todas as demais premissas de simulação foram as mesmas do estudo inicial da situação de projeto.

# 4. RESULTADOS

## 4.1. Catalogação e sistematização

A catalogação dos lançamentos de 2014 a 2021 resultou na coleta de dados de 77 apartamentos studio com até 50m². Foram levantadas 16 unidades na região de Santa Cecília, 34 na República e 27 na Av. Rebouças.

Os 77 studios catalogados possuem uma área útil média de aproximadamente 28,5m², sendo que quase 50% do total possui áreas entre 20m² e 30m² (Figura 1). A maior área catalogada foi de 49m² e a menor foi um caso excepcional de apenas 10m² (apenas uma unidade encontrada extrapolava os 50m² e não foi considerada).

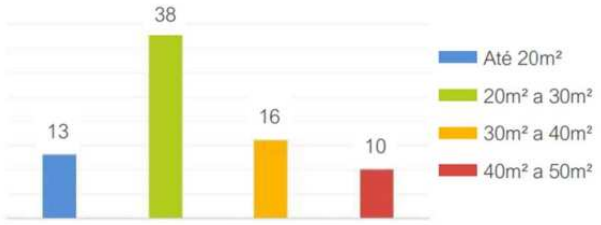



Figura 1 - Distribuição dos studios catalogados por intervalo de área útil.

Dessa amostragem, 66 possuem terraço e, destes, 22 apresentam a menção da integração da sala com o terraço como uma possibilidade em seus anúncios publicitários (normalmente ressaltando o piso entregue nivelado entre os dois ambientes) ou com a integração já ilustrada nas plantas humanizadas (Figura 2). Além disso, 56 dos anúncios publicitários também mencionam a infraestrutura pronta para ar-condicionado como uma vantagem ou possuem o equipamento ilustrado nas plantas, comumente com espaço reservado para a condensadora no terraço (Figura 3).




Figura 2 - Proporção de unidades studios catalogadas que possuem terraço.

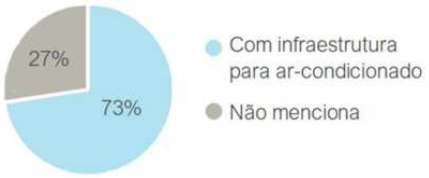



Figura 3 - Proporção de unidades studios catalogadas que mencionam infraestrutura pronta para ar-condicionado.

Foi calculada também a proporção da área do terraço em relação à área útil total da unidade, resultando em uma média de aproximadamente 15% para as unidades que possuem terraço. Tendo um ambiente de dimensões reduzidas destinado às funções de sala, quarto e cozinha, a integração da sala com o terraço representa uma ampliação considerável da área interna do apartamento, o que pode ser visto como vantajoso para o morador.

É importante destacar também que as plantas catalogadas apresentam layout bastante semelhantes entre si, sendo a maioria com terraço e aberturas para o meio externo somente em uma das faces da unidade. Apenas algumas exceções apresentam formatos diferentes ou aberturas em mais de uma face, como pode ser observado na Figura 4 que mostra o layout esquemático das unidades levantadas:

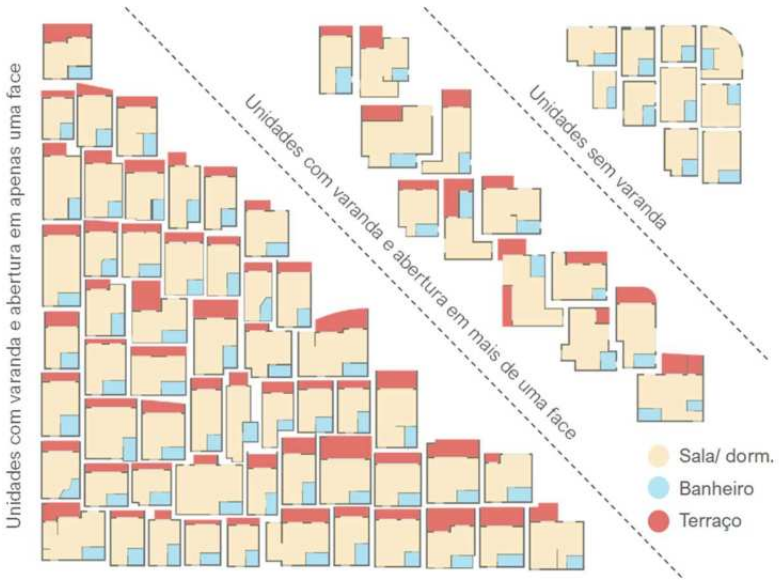



Figura 4 - Unidades catalogadas e classificadas por tipo de layout.

## 4.2. Avaliação de desempenho e conforto térmico do projeto original

A partir da catalogação e sistematização, foi selecionada uma unidade studio considerada representativa desta tipologia (Figura 5), com 19m² e pertencente a um edifício residencial, atualmente em construção, localizado na República, São Paulo-SP. A escolha de uma unidade com 19m² teve como objetivo analisar um exemplar de área bem reduzida - como foi evidenciado nos resultados apresentados no item 4.1, sendo que a menor unidade encontrada possui apenas 10m², considerado um caso isolado.

A unidade é composta por um ambiente único que desempenha as funções de sala, dormitório e cozinha, além de um banheiro (sem janela) e um terraço técnico, onde se prevê o posicionamento da condensadora do ar-condicionado, para o qual já é entregue infraestrutura pronta para instalação, na compra do imóvel. A única abertura para o meio externo é o acesso ao terraço técnico, por meio de uma porta de vidro com duas folhas de correr, posicionada na fachada norte do edifício.

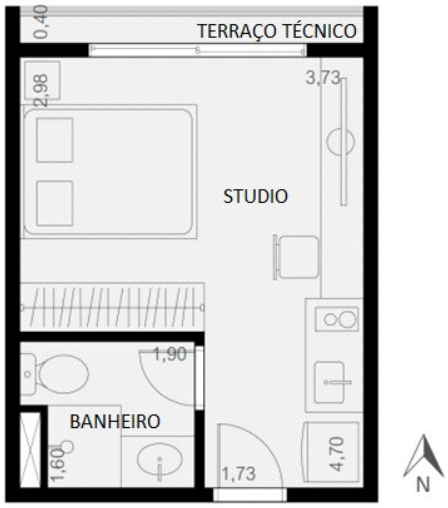



Figura 5- Planta humanizada do apartamento studio selecionado para análise. Sem escala.

A simulação no EnergyPlus foi realizada de acordo com as premissas descritas no item 3.2 e essa primeira análise dos dados resultantes mostrou que, apesar do claro aumento da temperatura operativa, houve pequenas variações de horas totais em conforto pelo modelo adaptativo da ASHRAE-55 no balanço anual referente a cada um dos anos climáticos analisados. Contribuem para esses resultados pelo menos dois fatores: 1) o desenho do modelo de conforto adaptativo adotado, que acompanha o aumento das temperaturas operativas até o limite do modelo; e 2) a proporção da área envidraçada em relação a um ambiente de volume reduzido, que favorece a perda de calor para o meio externo no período noturno por condução, resultando ainda em uma porcentagem expressiva de horas em desconforto por frio no clima atual, sobretudo na unidade do pavimento inferior, onde há menor incidência de radiação solar direta. Sendo assim, mesmo com o aumento de horas em desconforto por calor, nas projeções climáticas futuras, parte do período em desconforto por frio se converte em horas de conforto com o passar dos anos.

Ainda assim, verifica-se na Figura 7 um aumento expressivo de horas em desconforto por calor de 4% para 25% das horas ocupadas no período de um ano na unidade do pavimento inferior, enquanto na unidade do pavimento superior, esse aumento é de 8% para 34%.

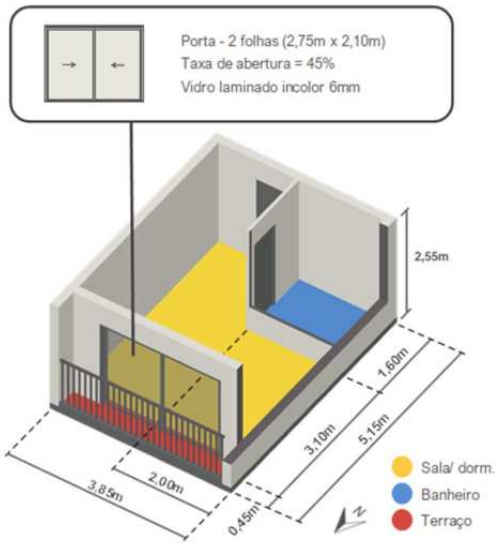



Figura 6 - Perspectiva esquemática da unidade estudada.




Figura 7 - Percentual de horas em conforto/desconforto térmico no projeto original

## 4.3. Avaliação de desempenho e conforto térmico com a integração do ambiente da sala com o terraço

Analisando-se a Figura 9 e a Figura 11, observa-se uma alteração mais sutil do desempenho térmico para a unidade do pavimento inferior, com um pequeno aumento das horas em desconforto, tanto por frio, quanto por calor, nas duas alternativas projetuais envidraçadas, quando comparadas com o projeto original, resultando assim, na diminuição das horas ocupadas em conforto.

Os resultados obtidos para o pavimento superior, por outro lado, revelaram variações bastante significativas. Ambas as alternativas projetuais foram muito afetadas— sobretudo a alternativa com menor taxa de abertura do caixilho, o qual, apesar de apresentar uma diminuição considerável das horas em desconforto por frio, teve um aumento expressivo nas horas em desconforto por calor, se comparado ao projeto original, provocando uma redução das horas em conforto (de 65% em 2020 para 42% em 2080). É importante citar também que os valores de temperatura operativa máxima foram significativamente mais altos nas alternativas envidraçadas: de 39°C no projeto original para o pavimento superior em 2080, para 43,9°C, no mesmo período. Ou seja, pode-se afirmar também que o envidraçamento resulta em temperaturas internas mais elevadas.

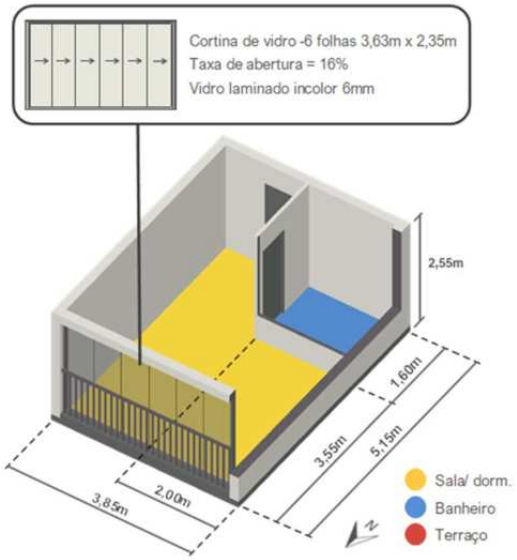



Figura 8 - Perspectiva esquemática da unidade com integração do terraço e panos de vidro operáveis do chão ao teto.

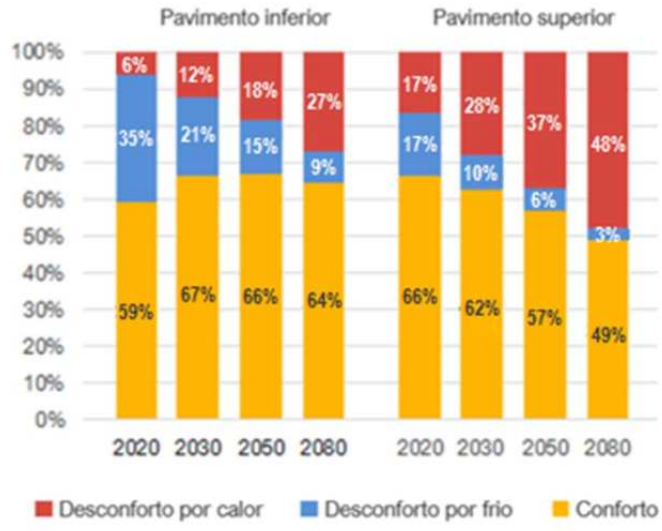



Figura 9 - Percentual de horas em conforto/desconforto térmico com integração do terraço e envidraçamento com taxa de abertura 16%.

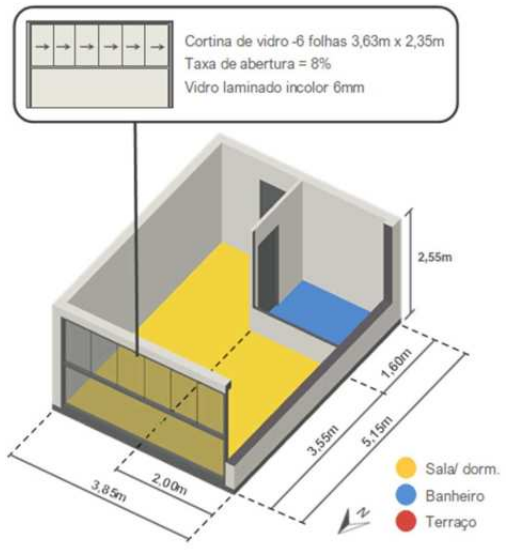



Figura 10 - Perspectiva esquemática da unidade com integração do terraço e fechamento de vidro operável + peitoril envidraçado.




Figura 11 - Percentual de horas em conforto/desconforto térmico com integração do terraço envidraçamento com taxa de abertura 8%.

## 4.4. Avaliação de desempenho e conforto térmico com a ampliação do sombreamento externo

Os resultados apresentados na Figura 13, resultantes da simulação da ampliação do sombreamento horizontal externo, mostraram uma piora das horas em desconforto por frio no cenário climático atual (2020) quando comparado com o cenário de projeto. Todavia, esse desconforto por frio tende a diminuir com o passar das décadas, chegando a níveis semelhantes aos da situação de projeto em 2080.

Essas horas de desconforto por frio no ano de 2020 reduzem a porcentagem de horas ocupadas em conforto; entretanto, a situação se inverte no cenário climático futuro de 2080, atingindo níveis de conforto maiores do que no projeto original. Isso se deve à diminuição de horas em desconforto por calor, principalmente na unidade do pavimento superior.

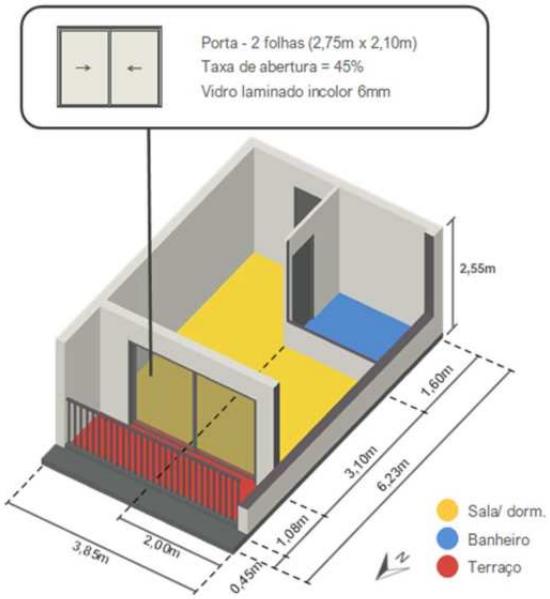



Figura 12 - Perspectiva esquemática da unidade estudada com ampliação do terraço.

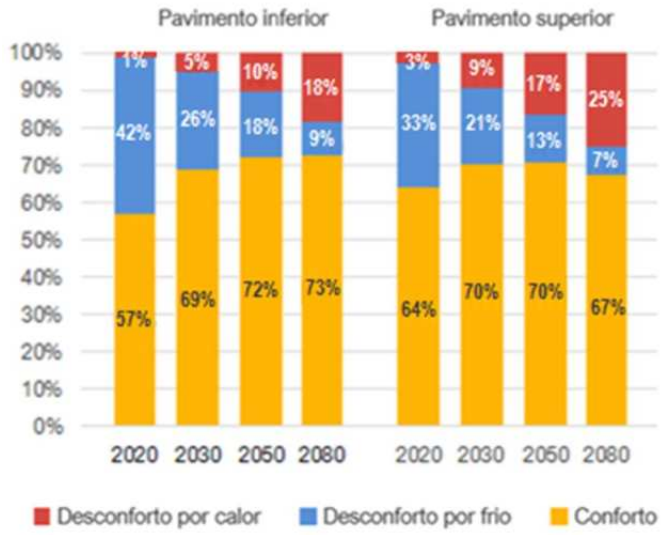



Figura 13 - Percentual de horas em conforto/desconforto térmico com ampliação do sombreamento externo.

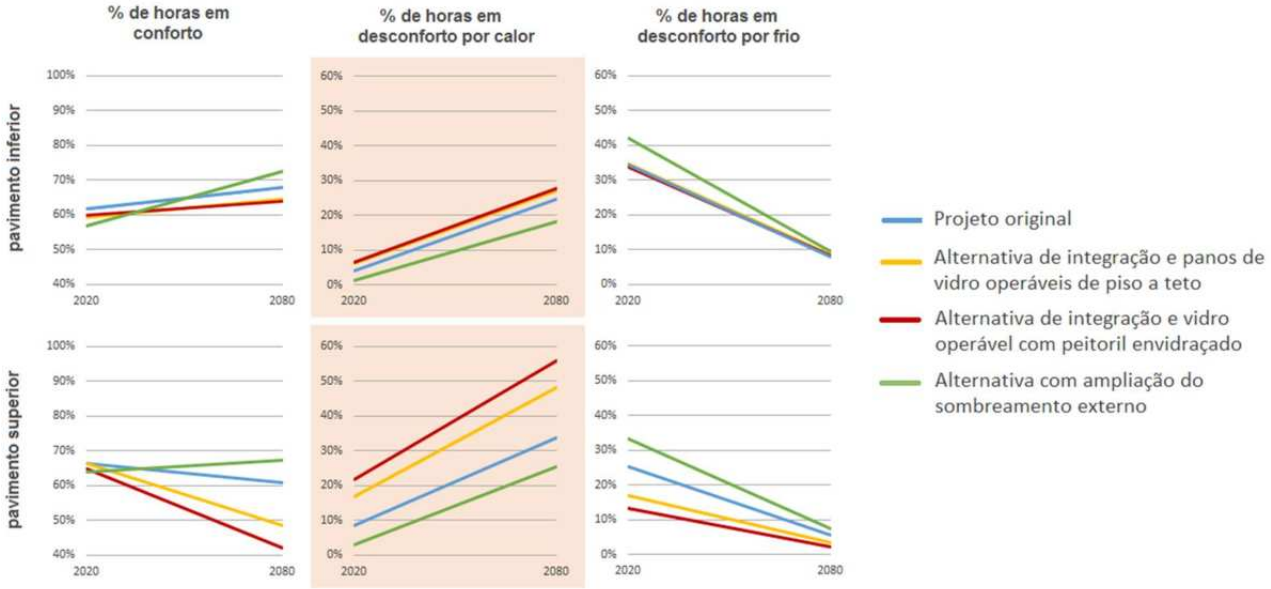



Figura 14 - Gráfico comparativo dos cenários analisados.

## 5. CONCLUSÕES

A recente produção imobiliária em São Paulo segue as demandas de um público novo com composições familiares reduzidas, ao mesmo tempo em que se aproveita das tendências do mercado imobiliário para maximizar o lucro sobre a construção de unidades habitacionais cada vez menores. Isso resulta na produção de grandes edifícios compostos por muitas unidades de áreas úteis reduzidas, com desenhos e materiais construtivos bastante padronizados.

O desenho extremamente compacto do studio se assemelha muito e atenderia bem às necessidades exigidas de um quarto de hotel; entretanto, o confinamento causado pela pandemia de COVID-19 fez com que fossem levantados novos questionamentos quanto à eficiência dessa arquitetura em atender às necessidades de um uso residencial propriamente dito, com tempos de permanência mais prolongados. Diante da crise climática e aumento da frequência e intensidade de eventos de calor extremo, o confinamento como forma de se evitar as altas temperaturas pode se tornar cada vez mais uma realidade; sendo assim, é de extrema importância que a unidade studio seja estudada quanto ao seu desempenho e conforto térmico, assim como sua eficiência, não só como moradia, mas também como um possível refúgio, para a realização de boa parte das atividades diárias dos ocupantes, durante ondas de calor, relacionadas às mudanças climáticas nas próximas décadas.

Dessa forma, a partir do estudo de desempenho térmico por simulação computacional realizado para os anos climáticos 2020, 2030, 2050 e 2080, revelou-se que, no cenário climático atual (2020), a unidade analisada apresentou 34% de horas de ocupação em desconforto por frio para a unidade do pavimento inferior e 25% para o pavimento superior. Com o passar dos anos, esse desconforto por frio diminui muito e, apesar de não haver grandes mudanças ou até pequenos aumentos nas horas de conforto térmico no balanço anual, a porcentagem de horas em desconforto por calor aumenta de forma expressiva, para até 25% para o pavimento inferior e 34% para o superior,nos meses mais quentes do ano.

O estudo do studio com a alteração de layout pela integração do terraço com a sala/dormitório e fechamento em vidro evidenciou que a mudança das dimensões da área de permanência prolongada e da composição dos elementos de envoltória devido ao envidraçamento afetam diretamente o comportamento térmico da unidade, tornando-a mais suscetível às mudanças do clima externo, sobretudo se condicionada a limitações de abertura para ventilação natural.

Por fim, a análise do sombreamento como recurso de resfriamento passivo proporcionou uma avaliação da eficiência dessa estratégia diante das demandas futuras por resfriamento. A partir dos resultados, conclui-se que a adoção dessa estratégia apresenta benefícios aos níveis de conforto térmico para os cenários climáticos futuros, sob temperaturas mais elevadas, apesar de piorar a condição atual (ano de 2020) de desconforto por frio.

Apesar disso, é importante ressaltar a possibilidade de se obter resultados ainda melhores a partir de desdobramentos desses estudos iniciais, possivelmente de outras estratégias e suas possibilidades de combinação. Além disso, é interessante que haja o estudo de desempenho térmico da tipologia studio também sob outras condições para que se possa traçar um perfil mais fiel de comportamento térmico de pequenos apartamentos. Uma vez que os resultados aqui apresentados são representativos especificamente da unidade selecionada como objeto de estudo, podendo haver variações de resultados consideráveis dependendo das composições dos elementos construtivos, da orientação da fachada, do sombreamento provocado pelos edifícios do entorno imediato, entre outros fatores.

O trabalho de avaliação de desempenho térmico sob diferentes circunstâncias e estratégias de melhoria do conforto térmico é importante do ponto de vista de adaptação para as unidades studio; entretanto, ainda se faz necessário rever esse modelo de moradia de forma mais aprofundada. O apartamento analisado apresentou níveis de desconforto consideráveis, seja por frio em 2020, seja por calor em 2080; portanto, a discussão central e mais relevante deve ser sobre o próprio desenho do studio como moradia.

O desempenho térmico e energético de pequenos apartamentos em São Paulo deve ser problematizado quanto à resiliência dos edifícios produzidos nos últimos anos perante a crise climática que vivemos. Portanto, estudos mais aprofundados devem ser feitos para gerar evidências científicas para eventuais alterações legislativas e/ou normativas que orientem melhores práticas arquitetônicas alinhadas às mudanças climáticas, tanto do ponto de vista de adaptação aos cenários futuros, quanto à capacidade de mitigação pelo consumo energético necessário aos sistemas de climatização.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABNT. NBR 15220. 2005. **ABNT-NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABNT. NBR 15575. 2021. ABNT-NBR 15575 - **Edificações habitacionais Desempenho - Parte 1**: Requisitos gerais. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ALVES, Carolina Abrahão, GONÇALVES Fábio Luiz Teixeira, DUARTE Denise Helena Silva. **The recent residential apartment buildings' thermal performance under the combined effect of the global and the local warming.** Energy and Buildings, Volume 238,110828, ISSN 0378-7788, p. 1-14, 2021. Disponível em: https:// www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821001122. Acesso em: 06 out. 2021.

ALVES, Carolina Abrahão. **A produção recente de edifícios residenciais em São Paulo**: desempenho e conforto térmico no contexto urbano e climático em transição. 2019. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-31072019-171853/. Acesso em: 01 mar. 2022.

ANEXO II - Tabela de desconto das esquadrias. In: PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-R**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 200-202. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/ downloads/Manual_de_aplica%C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf. Acesso em: 28 nov. 2022.

ANSI/ASHRAE, 2021. Standard 55, 2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Georgia: ASHRAE

APTO. Apto: Você apto para o novo, c2015. Página inicial. Disponível em: https://apto.vc/. Acesso em: 09 abr. 2022.

ARTAXO, Paulo. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta**: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. Estudos Avançados [online]. v. 34, n. 100, p. 53-66, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/ TRsRMLDdzxRsz85QNYFQBHs/abstract/?lang=pt#. Acesso em: 06 out. 2021

DICKINSON, Robert; BRANNON, Benjamin. **Generating future weather files for resilience**. In: Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments/ 36th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Los Angeles, 2016.

DUARTE, Denise. **O meio ambiente urbano frente às várias crises do nosso tempo**. Pós, Rev. Programa PósGrad. Arquit. Urban. FAUUSP. São Paulo, v. 27, n. 51, e181845, p. 1-5, 2020. Disponível em: https:// www.revistas.usp.br/posfau/issue/view/11821. Acesso em: 07 out. 2021

EMBRAESP (Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio). GeoEmbrasp, c2018. Mapa interativo. Disponível em: https://geoembraesp.com.br/index.aspx. Acesso em: 09 abr. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IPCC. **Cities, Settlements and Key Infrastructure**. IPCC: Sixth Assessment Report: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 1 out. 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/. Acesso em: 23 abr. 2022.

NICOL, Fergus; ROAF, Susan. **Rethinking thermal comfort**. Building Research & Information, v. 45, 30 mar. 2017. NO 7, p. 711-716. DOI 10.1080/09613218.2017.1301698. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/ pdf/10.1080/09613218.2017.1301698?needAccess= true. Acesso em: 8 out. 2022

PBMC. **Mudanças Climáticas e Cidades:** Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 2016. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Geosampa. Mapa interativo. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/ PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em: 09 abr. 2022.

RODRIGUES, Eugénio; FERNANDES, Marco; CARVALHO, David. Future weather generator for building performance research: An open-source morphing tool and an application. **Building and Environment**, [s. l.], v. 233, 1 abr. 2023

ROLNIK, Raquel. **10-Square-Meter Apartments**: Minimizing Living Space or Maximizing Profit?. Archdaily, 2017. Disponível em: https://www.archdaily.com/878752/10-square-meter-apartments-a-minimal-living-space-or-justmaximum-profit. Acesso em: 25 mai. 2022.

SECOVI (Sindicato de Empresas de Comércio e Serviços Imobiliários). GeoSecovi SP: inteligência urbana, c2017. Mapa interativo de acesso pago. Disponível em: http://www.geosecovi.com.br/index.php. Acesso em: 09 abr. 2022.

SECOVI. **Anuário do Mercado Imobiliário 2020**. São Paulo-SP, 2021. Disponível em: https://www.secovi.com.br/ downloads/pesquisas-e-indices/balancos-do-mercado/2016/arquivos/anuario-do-mercado-imobiliario-2015v2pdf.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº09/2019**: Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. CBPMESP, 2019.

TROUP, Luke; FANNON, David. **Morphing climate data do simulate building energy consumption**. In: ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016/ Building Performance Modeling Conference. Salt Lake City, UT, 2016.

UN Global Compact. **Para especialista, mudanças climáticas podem fazer confinamento virar regra:** Rede Brasil recebeu o cientista Carlos Nobre para discutir as relações e aprendizados da pandemia para o clima. Pacto Global Rede Brasil. 2020. Disponível em: https://www.pactoglobal.org.br/noticia/433. Acesso em: 25 mai. 2022.

VIANA, Shaiane Gomes; DUARTE, Denise. **O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS ENVIDRAÇADOS FRENTE À MUDANÇA DO CLIMA**. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais. Palmas(TO) online, p. 20822087, 2021. Disponível em: https//www.even3.com.br/anais/encac2021/340666-O-DESEMPENHO-TERMICO-DEEDIFICIOS-RESIDENCIAIS-ENVIDRACADOS-FRENTE-A-MUDANCA-DO-CLIMA . Acesso em: 04 abr. 2022.

WEATHER Shift. [S. l.]. Disponível em: https://www.weathershift.com/legal. Acesso em: 11 out. 2022.