

Eficiência energética das edificações de padrão médio na zona leste da cidade de São Paulo

Energy efficiency of medium-sized buildings on the east side of the city of São Paulo

Eficiencia energética de las edificaciones de estándar medio en la zona leste de São Paulo

Resumo

Esse artigo trata do desempenho térmico das moradias de padrão médio que caracterizam a paisagem urbana de bairros periféricos da cidade de São Paulo. Adota-se como estudo de caso um sobrado localizado em Engenheiro Goulart, zona leste da cidade. O estudo permite correlacionar padrão de uso e ocupação do solo com eficiência energética e pretende contribuir com o debate sobre adaptação das cidades às mudanças no clima, na escala da unidade habitacional. Para tanto, foram realizados levantamentos de dados urbanísticos, coletadas informações sobre as características construtivas da tipologia habitacional de maior incidência na região, realizadas medições de temperatura de um sobrado representativo dessa amostragem e verificado o quanto que, por meio de uma reforma, pode-se aumentar a eficiência energética desse tipo de moradia.

Palavras-chave: desempenho térmico; zona leste de São Paulo; moradia de padrão médio.

Abstract

This article deals with the thermal performance of medium-standard housing that characterizes the urban landscape of peripheral neighborhoods in the city of São Paulo. A two-story house located in Engenheiro Goulart, east of the city, is adopted as a case study. The study allows us to correlate usage and occupancy patterns with energy efficiency and aims to contribute to the debate on the adaptation of cities to climate change, at the scale of the housing unit. To this end, urban data surveys were carried out, information was collected on the constructive characteristics of the housing typology with the highest incidence in the region, the temperature of a house representative of this sample was measured and the extent to which, through renovation, the energy efficiency of this type of housing.

Keywords: thermal performance; east zone of São Paulo; medium standard housing.

Resumen

Este artículo se trata del rendimiento térmico de las viviendas de estándar medio que caracterizan el paisaje urbano de barrios periféricos de la ciudad de São Paulo. Se adopta como estudio de caso una vivienda de dos plantas ubicada en Engenheiro Goulart, zona leste de la ciudad. El estudio permite correlacionar estándar de uso y ocupación del suelo con eficiencia energética y pretende contribuir con el debate sobre adaptación de las ciudades a los cambios climáticos, en la escala de la unidad habitacional. Para eso fueron realizadas búsquedas de datos urbanísticos, recogidas de informaciones sobre las características constructivas de la tipología habitacional de mayor incidencia en la región, realizadas mediciones de temperatura de una vivienda representativa de dos plantas de esta muestra y verificado lo cuanto que, por medio de una reforma, se puede aumentar la eficiencia de este tipo de vivienda.

Palabras clave: rendimiento térmico; zona leste de São Paulo; vivienda de estándar medio.



Ana Paula Koury  
Universidade São Judas
ana.koury@saojudas.br

Eder Adilson de Oliveira  
eder.aoliveira@outlook.com

Samantha Orui  
samanthaorui@alumni.usp.br

1 Introdução

Na cidade de São Paulo, a tipologia do sobrado geminado é muito presente em setores residenciais de população de renda média e média baixa. Esses sobrados, que atendem à necessidade de moradia da maior parte da população, em geral, adotam um sistema construtivo padronizado, que pode ser produzido de forma rápida, e cujas variações no acabamento, nas dimensões e/ou no programa de necessidades ocorrem em função das faixas de renda que atendem.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (Ibape-SP), órgão dedicado à avaliação de imóveis, separa as tipologias habitacionais do tipo casa em 8 (oito) grupos: rústico, proletário, econômico, simples, médio, superior, fino e luxo. O padrão proletário caracteriza-se pela ausência de projeto de arquitetura e de mão de obra qualificada, pela utilização de materiais construtivos essenciais e pela aplicação de poucos acabamentos, sendo comum a ausência de reboco nas paredes; a cobertura costuma ser feita com laje pré-moldada sem impermeabilização ou com telhas de fibrocimento. O padrão econômico caracteriza-se pela utilização de materiais construtivos básicos e pelo emprego de acabamentos de qualidade inferior; apresenta alguma distribuição dos espaços de acordo com a função que eles cumprem e sua cobertura costuma ser feita com laje pré-moldada sem impermeabilização ou com telhas de fibrocimento ou com telhas cerâmicas. O padrão simples costuma ser composto por sala, cozinha, banheiro e um ou dois dormitórios, além de dependências externas; caracteriza-se pela utilização de materiais construtivos e acabamentos econômicos, cobertura feita de laje pré-moldada impermeabilizada ou de telha de fibrocimento ou de telha de barro. O padrão médio caracteriza-se pela utilização de materiais construtivos convencionais e pela aplicação de acabamentos de boa qualidade, porém padronizados e fabricados em série; seu programa de necessidade pode incluir jardins. Na Tabela 1 encontram-se as características gerais de cada um desses 4 (quatro) padrões e, na Tabela 2, as características de seus acabamentos.

Tabela 1 – Características gerais das casas, de acordo com o padrão construtivo.

Tipologia	Projeto de arquitetura	Disposição no terreno (taxa de ocupação)	Disposição dos cômodos	Cobertura	Técnica construtiva	Fachada
proletário	não	ocupa a totalidade do terreno	uso improvisado, cômodos sem função definida	laje pré-moldada ou telha de fibrocimento	alvenaria, estrutura de concreto	sem revestimento
econômico	não	térrea	distribuição interna básica	laje pré-moldada, telha de barro ou telha de cimento amianto	alvenaria, estrutura de concreto	pintura comum
simples	sim	térrea ou assobradada, geminada	distribuição interna composta de sala, um ou dois dormitórios, banheiro, cozinha e dependências externas para serviços e cobertura para garagem para veículo	laje pré-moldada impermeabilizada ou telha de barro ou telha de cimento amianto com forro	alvenaria, estrutura de concreto	pintura látex, podendo ter aplicação de pastilhas, cerâmicas ou equivalente
médio	sim	térrea ou assobradada, geminada ou isolada	distribuição interna composta de sala, dois ou três dormitórios, banheiro, cozinha e dependências externas para serviços e cobertura para garagem para veículo	laje pré-moldada impermeabilizada ou telha de barro com forro	alvenaria, estrutura de concreto	pintura látex e aplicação de pastilhas, cerâmicas ou equivalente

Fonte: Adaptado de Ibape-SP.

Tabela 2 – Características dos acabamentos das casas, de acordo com o padrão construtivo

Tipologia	Piso	Paredes	Instalações hidráulicas	Instalações elétricas	Forro	Esquadria
proletário	cimentado, caco de cerâmica ou com cerâmica de qualidade inferior	chapisco, podendo ter partes com pintura ou faixas com azulejos ou, ainda, sem revestimentos	incompletas, com peças sanitárias simples e encanamentos eventualmente embutidos	incompletas e, geralmente, com fiações aparentes	sem forro	madeira, alumínio com perfis econômicos e/ou ferro comum
econômico	cimentado, caco de cerâmica ou cerâmica	pintura simples sobre reboco, barra impermeável ou azulejo comum nas áreas molhadas	mínimas, aparelhos sanitários de louça comum e metais de modelo simples	embutidas e com número mínimo de pontos de luz, interruptores e tomadas, componentes comuns	sem revestimentos ou pintura sobre emboço e reboco sobre a própria laje; ou sobre madeira comum	madeira, alumínio com perfis econômicos e/ou ferro comum
simples	cerâmica, taco de madeira, forração de carpete	pintura sobre emboço ou reboco; eventualmente azulejo até o teto nas áreas molhadas	embutidas e restritas aos componentes essenciais, dotadas de peças sanitárias comuns e metais de modelo simples	embutidas, com pontos de iluminação básicos, reduzido número de tomadas e utilizando componentes comuns	pintura sobre emboço ou reboco aplicados na própria laje; ou sobre madeira comum	madeira, ferro e/ou de alumínio de padrão popular
médio	pedra, taco de madeira, assoalho, carpete, vinílico, cerâmica esmaltada.	pintura a látex sobre massa corrida ou gesso; azulejo até o teto nas áreas molhadas.	completas, com peças sanitárias e seus respectivos componentes de padrão comercial, podendo dispor de aquecedor individual	completas, com alguns circuitos independentes, satisfazendo distribuição básica de pontos de luz e tomadas, podendo incluir, pontos internet	pintura sobre massa corrida na própria laje; gesso; madeira	portas lisas de madeira, janelas de ferro, madeira ou alumínio e com venezianas de padrão comercial

Fonte: Adaptado de Ibape-SP.

Em 2015, a pedido do CAU/BR, o Instituto Datafolha entrevistou 2419 pessoas em 177 municípios brasileiros e constatou que 54% já construiu ou reformou um imóvel; desses, menos de 15% utilizaram serviços de um arquiteto ou engenheiro. De acordo com essa mesma pesquisa, a principal razão para a não contratação dos serviços prestados por arquitetos é de natureza financeira, o que sugere que o modo de produção da maior parte da moradia para a classe média brasileira dificilmente se beneficia de estudos técnicos capazes de aumentar o conforto térmico e a eficiência energética das edificações (CAU/BR).

O conforto térmico está diretamente relacionado às condições de habitabilidade e é um dos fatores que promovem o bem-estar físico e mental dentro das habitações. Em manuais de conforto térmico, a ventilação cruzada, a orientação das aberturas de acordo com a insolação e o sombreamento da edificação representam as principais recomendações de projeto. Para o caso da cidade de São Paulo, essas recomendações remetem a soluções que não necessitam de energia elétrica e, geralmente, são melhor interpretadas por profissionais que têm conhecimento de normas técnicas, tal como a ABNT NBR 15520:2005, que apresenta o conceito de Zona Bioclimática.

A ausência de participação de profissionais e, portanto, de projetos técnicos capazes de melhorar o desempenho térmico nas moradias populares da zona leste da cidade de São Paulo, tem levado a situações em que o desconforto térmico vem sendo resolvido por meio da aquisição de ventiladores e equipamentos de ar-condicionado ao invés do projeto arquitetônico. Esses equipamentos, que aumentam a sensação de conforto

térmico e têm sido a solução mais popular nos dias mais quentes do ano, entre aqueles que têm renda para adquiri-lo, na prática, resultam num maior consumo energético pelas cidades e pressionam o setor de energia.

De acordo com a Nota Técnica EPE 030/2018 – Uso de Ar-Condicionado no Setor Residencial Brasileiro, entre 2005 e 2017, o consumo de energia elétrica do setor residencial cresceu 61% num cenário em que, nesse mesmo período, o uso de ar-condicionado residencial aumentou 237%. Na Região Sudeste, em 2005, de acordo com a Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de 2007 (PPH-2007), o consumo energético com ar-condicionado representava 11% do consumo energético residencial da região, perdendo apenas para o consumo com aquecimento de água (chuveiro), para o consumo com armazenamento de alimentos (geladeira) e para o consumo com iluminação artificial (lâmpadas), que representavam, respectivamente, 26%, 22% e 19%.

Segundo Akutsu (1998), para avaliar o desempenho térmico de uma edificação, devemos analisar o projeto arquitetônico e os materiais construtivos, pois são eles que determinam o comportamento térmico das edificações, e autores como Lambert et al. (2004) afirmam que o projeto de arquitetura representa a variável de maior impacto no conforto térmico e na eficiência energética das edificações.

De fato, indo no limite dessas afirmações, descobre-se na arquitetura vernacular exemplos de soluções que garantem conforto térmico fazendo uso apenas da escolha dos materiais construtivos adequados à realidade local e da maneira com que o programa de necessidades é organizado. Alguns exemplos são:

Os inusitados iglus do povo inuits, são construídos com blocos de gelo e são capazes de garantir que a temperatura interna na habitação varie entre 10 °C e 20 °C, em regiões em que a temperatura externa varia entre -20 °C e -50 °C. Os iglus, ao mesmo tempo em que revelam a descoberta do uso do gelo como material construtivo, registram a capacidade humana de organizar o espaço a seu favor, pois as antecâmaras desempenham um papel fundamental no comportamento térmico da construção (Murakami, 2008 apud Orui, 2017).

A simplicidade com a qual os povos nômades do Deserto de Gobi promovem ventilação dentro nos yurts – também chamados de Ger –, que são feitos com madeira e feltro, e respondem condições climáticas marcadas pela amplitude térmica diária, por verões que podem chegar a 40 °C e invernos a – 47 °C (Kemery, 2006; King, 2002; Kuehn, 2006 apud Orui, 2017). Os yurts são construções que impressionam pelo contraste entre a simplicidade de sua aparência exterior e a opulência de seu interior, reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) como Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade, desde 2013.

Atualmente, o ramo da arquitetura que se dedica ao desenho de soluções que buscam conforto térmico fazendo o menor uso possível de energia elétrica é conhecido como arquitetura bioclimática e as soluções que não utilizam energia elétrica fazem parte do campo de estudo conhecido como desenho solar passivo (Moita, 2010 apud Orui, 2017).

Esse artigo trata do desempenho térmico das moradias de padrão médio que caracterizam a paisagem urbana de bairros periféricos da cidade de São Paulo, tendo como objetivo correlacionar uso e ocupação do solo com eficiência energética e contribuir com o debate sobre adaptação das cidades às mudanças no clima, na escala da unidade habitacional.

Para o presente estudo, que se enquadra na temática da justiça climática aplicada à adaptação (e construção) de moradias populares, foram realizados levantamentos de dados urbanísticos de uso e ocupação do solo de um distrito localizado na zona leste da cidade de São Paulo, coletadas informações sobre as características construtivas da tipologia habitacional de maior incidência naquela região, realizadas medições de temperatura de uma residência representativa dessa amostragem e verificado o quanto que, por meio de uma reforma, é possível melhorar seu desempenho energético. Cada uma dessas etapas será descrita com maiores detalhes a seguir, na Metodologia.

2 Metodologia

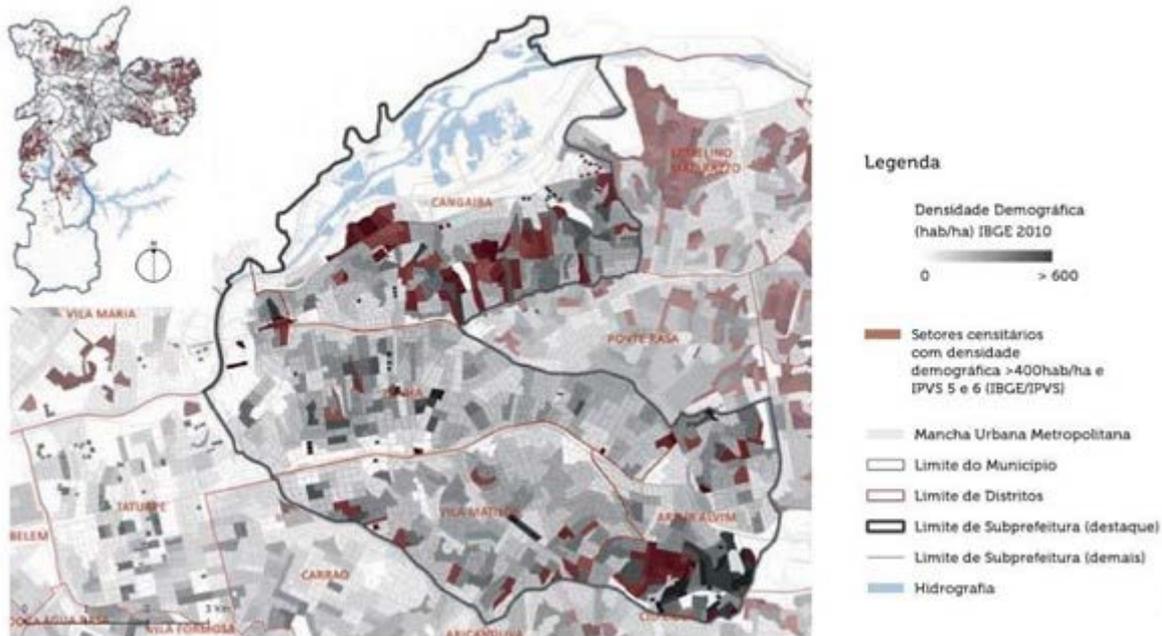
2.1 A área de estudo e a representatividade urbana da tipologia “sobrado popular”

A macrorregião leste 1 da cidade de São Paulo concentra 1.632.810 habitantes em uma área de 158 km², o que faz com que sua densidade populacional (10.334 hab/km²) seja superior à média municipal. Por sua

vez, a Subprefeitura da Penha, que faz parte da macrorregião leste 1, possui 474.659 habitantes em uma área de 42,8 Km², ou seja, apresenta uma densidade populacional (~11.000 hab/km²) superior à da macrorregião. Cangaíba é o maior distrito da Penha em termos de área e população: possui 16,00 km² e, de acordo com o Censo de 2010, é o distrito da Penha que apresenta menor densidade demográfica (8.539 hab/km²).

Localizado na divisa de São Paulo com Guarulhos, Cangaíba combina áreas desocupadas nas margens alagadiças do Rio Tietê, com setores vulneráveis e setores censitários densos, ocupados por classe média e média baixa. Engenheiro Goulart é um bairro do distrito de Cangaíba (Figura 1).

Figura 1 – Mapa indicando a densidade demográfica da Subprefeitura da Penha, com destaque para o distrito de Cangaíba, na zona leste da cidade de São Paulo



Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2016.

A predominância de uso e ocupação do solo em Engenheiro Goulart foi determinada por meio do tratamento de dados disponíveis no mapa digital da cidade de São Paulo. A partir de arquivos *shapefile* com os dados de “Habitação e Edificação” e “Sistema Viário” do distrito de Cangaíba, e com o auxílio do *software QGis*, foi possível verificar o gabarito das edificações. Foram consideradas casas térreas as edificações com gabarito de até 2,60 m, sobrados as edificações com até 5,20 m e prédios aquelas com mais de 5,20 m, conforme Figura 2.

Figura 2 – Desenho Explicativo de Gabarito. Elaboração do autor



Fonte: Desenho Eder Adilson de Oliveira.

O tratamento de dados revelou que das 3.757 edificações existentes em Engenheiro Goulart, 2.441 (65%) são sobrados, 1.299 (34,5%) possuem mais do que dois pavimentos e 17 (0,5%) são casas térreas. A Figura 3 evidencia, então, que o padrão mais recorrente de uso e ocupação do solo em Engenheiro Goulart é o sobrado residencial geminado, confirmando a hipótese de que essa é uma tipologia de casa bastante presente na paisagem da cidade, principalmente, nas regiões habitadas pelas camadas da população com rendas média e baixa.

Figura 3 – Recorrência da tipologia Sobrados (em vermelho) em Engenheiro Goulart

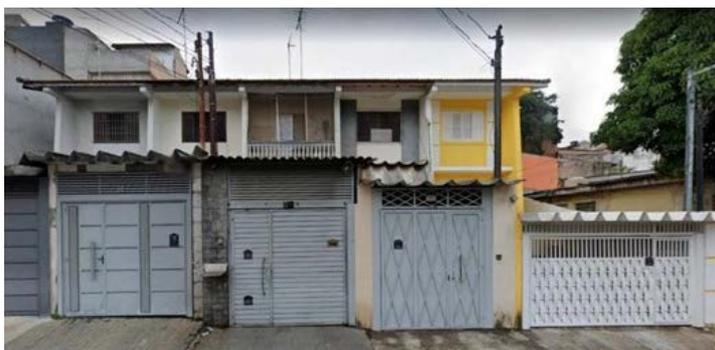


Fonte: Elaboração de Eder Adilson de Oliveira.

O sobrado geminado escolhido para estudo de caso pertence a um conjunto de cinco sobrados, implantados em fileira. As unidades das pontas possuem corredores laterais de 1,2 metros e as demais unidades, geminadas dos dois lados não possuem aberturas laterais. O sobrado escolhido para o estudo de caso, inclusive, encontra-se em uma região de alta taxa de ocupação do solo e baixa presença de vegetação, o que a torna um ambiente urbano propício à formação de ilhas de calor. Segundo Kong (2014), os ambientes urbanos que conseguem promover algum tipo de resfriamento provocado pela presença de vegetações em seu meio proporcionam microclimas menos quentes, resultando em ilhas de frescor, contrapondo-se a cenários mais comuns encontrados na região estudada compostos por uma alta densidade de edificações e uma alta taxa de ocupação do solo (Kong, 2014).

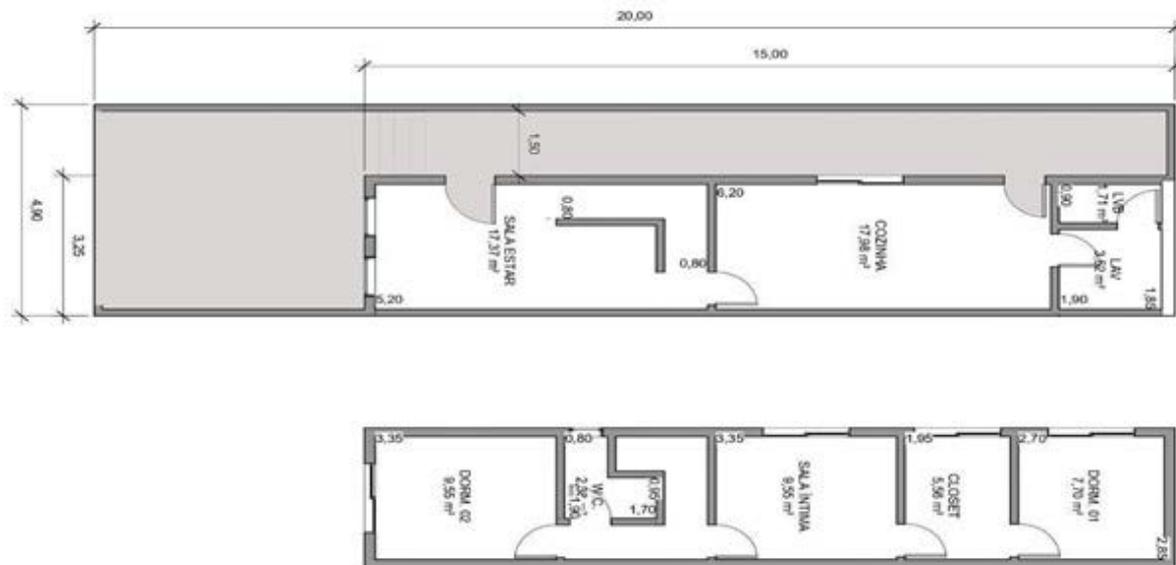
Para análise do desempenho térmico e da eficiência energética foi escolhido o sobrado que possui corredor lateral (Figuras 4 e 5). Ele se insere em um lote de 4,90 x 20,00 m e possui, ao todo, 97,5 m² (3,25 x 15,00 m). No pavimento térreo, encontra-se a sala, a cozinha e a lavanderia. No pavimento superior, três quartos e um banheiro. Todas as paredes, internas e externas, são de blocos cerâmicos e possuem revestimentos de argamassa e acabamento em pintura; os ambientes internos incluem massa corrida. Os pisos internos são cerâmicos e os externos são em placas de granito.

Figura 4 – Conjunto de sobrados em fileira em Engenheiro Goulart



Fonte: Foto de Eder Adilson de Oliveira, 2020.

Figura 5 – Planta baixa do sobrado escolhido como estudo de caso

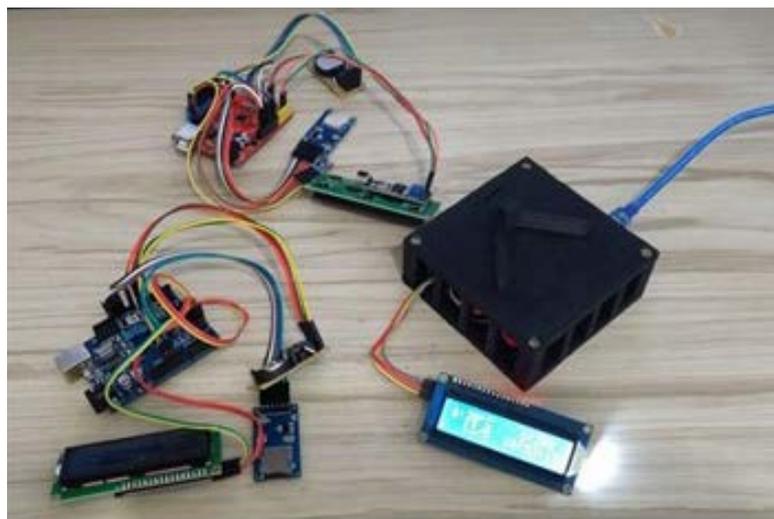


Fonte: Desenho de Eder Adilson de Oliveira.

Para a realização das medições *in loco* foram utilizados dois equipamentos *datalogger*, de fabricação própria (Figura 6). *Datalogger* é um aparelho que possibilita realizar registro de alguns tipos de características físicas, tais como a temperatura. No mercado existem alguns equipamentos que fazem esse tipo de medição, mas como seus custos são consideravelmente altos, optou-se por construir um sensor de baixo custo.

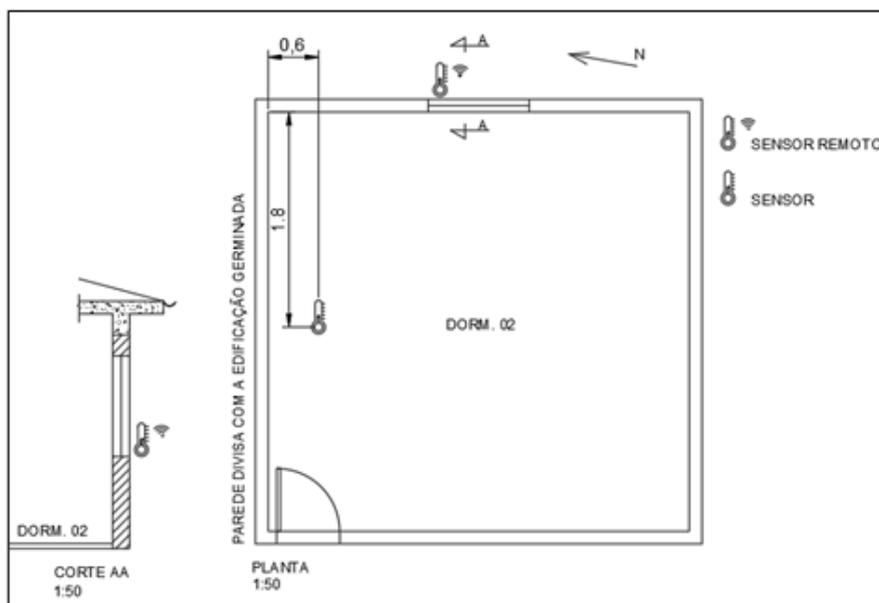
Internamente o equipamento foi posicionado a 180 cm da janela do dormitório 02 e externamente a 30 cm da janela do mesmo dormitório (Figura 7). As medições foram feitas a cada minuto entre os dias 27 de setembro de 2020 e 03 de outubro de 2020. Os aparelhos foram calibrados pela comparação com um modelo Certificado no. CQASZ20191101138E expedido pelo laboratório Shenzhen Huaxia Testing Technology CO. LTD 01/11/2019.

Figura 6 – Montagem do equipamento *datalogger* de baixo custo



Fonte: Foto de Eder Adilson de Oliveira, 2020.

Figura 7 – Planta de localização dos sensores



Fonte: Desenho Eder Adilson de Oliveira.

A eficiência energética da tipologia escolhida como objeto de estudo foi analisada de acordo com o método prescritivo divulgado pelo Centro Brasileiro Eficiência Energética (CB3E) para classificação da eficiência energética de edificações residenciais segundo o regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R).

3 Resultados e discussão

A avaliação do desempenho térmico do sobrado estudado foi realizada de acordo com as diretrizes apontadas na literatura. No Brasil, existem duas normas que determinam os parâmetros de desempenho térmico para as edificações: a ABNT NBR 15220:2005 e a ABNT NBR 15575:2013, revisada em 2021. Ambas as normas são de caráter indicativo.

A NBR 15220:2005, dentre outras coisas, apresenta o conceito de zoneamento bioclimático, a NBR 15575:2013, por sua vez, versa sobre diversos assuntos relacionados ao desempenho de uma edificação, sendo o desempenho térmico apenas um deles. De acordo com essas normas, as condições mínimas de desempenho térmico visam garantir ao usuário condições térmicas adequadas para o desenvolvimento de suas atividades dentro da habitação; e os requisitos construtivos das vedações verticais, internas e externas, e da cobertura, devem ser escolhidos de acordo com as características climáticas da região onde a edificação está inserida.

Como o objetivo do estudo foi analisar o desempenho energético da tipologia do sobrado geminado, o primeiro passo foi verificar o desempenho térmico deste tipo de moradia por meio do procedimento simplificado sugerido pela NBR 15575:2013, ou seja, pela verificação da transmitância térmica e capacidade térmica das fachadas e cobertura. Com esse mesmo intuito, também foi realizada a medição *in loco* das temperaturas internas e externas. Num segundo momento, com o objetivo de verificar a eficiência energética da tipologia escolhida para o estudo de caso, foi aplicado o método prescritivo do RTQ-R para verificar a classificação de um dos cômodos da habitação. Esse mesmo método foi aplicado para verificar o impacto de melhorias que podem ser feitas por meio de possíveis reformas, sem a necessidade de desocupação da moradia.

3.1 As temperaturas internas em um “sobrado popular” na zona leste da cidade de São Paulo

A NBR 15520-3:2005 classifica a cidade de São Paulo como zona bioclimática 3. A zona bioclimática 3 possui verão quente e úmido e inverno frio e seco, com ventos predominantemente vindos do Norte, mas que podem variar ao longo do ano e de acordo com a malha urbana onde a edificação está inserida. A Tabela 3

evidencia que o objeto de estudo se encontra em uma região geográfica onde, a princípio, o projeto arquitetônico e a escolha dos materiais construtivos seriam suficientes para se obter o conforto térmico dentro da habitação.

Tabela 3 – Estratégia de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 3

Estação	Estratégia	Diretrizes para projeto arquitetônico
Verão	Ventilação cruzada Obs.: A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar, significativamente, a direção dos ventos.	Área da abertura em relação à área do piso $15\% < A < 25\%$ Obs.: A NBR 15575:2013 e a NBR 15575:2021 consideram que a abertura mínima deve ser maior ou igual a 7%.
Inverno	Aquecimento solar da edificação (permitir entrada de sol) Inércia térmica A inércia térmica é a junção do atraso e do amortecimento térmico, resultante da condutibilidade, da densidade e capacidade calorífica da parede.	Transmitância térmica (U) da parede externa $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ Obs.: A NBR 15575:2013 e a NBR 15575:2021 consideram que a transmitância tem relação direta com a absorvância solar. Sendo que, quando esta for igual ou menor que 0,6, a transmitância deve ser menor ou igual a $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ e, quando a absorvância for maior que 0,6, a transmitância deve ser menor ou igual a $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

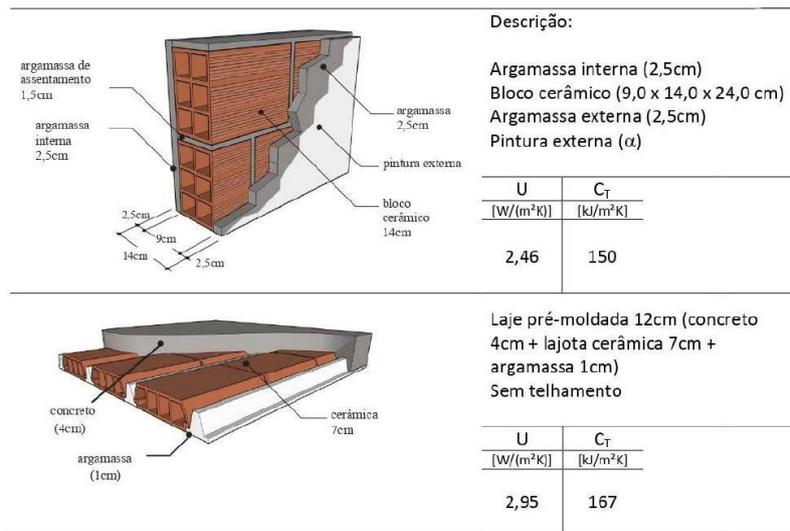
Fonte: Adaptado da NBR 15220:2005.

Conforme descrito pela NBR 15220:2005, os dois pontos estratégicos para o condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 3 são a área de abertura para a ventilação e a transmitância térmica da parede externa da edificação. Em relação ao tamanho da abertura, considerando que a janela do sobrado analisado mede 1,50 x 1,20 m, mas que a ventilação ocorre em apenas metade dessa área, chega-se à conclusão de que a área da janela representa 9% da área do piso, o que significa que o vão não apresenta dimensões compatíveis com a diretriz de projeto que representa a principal estratégia para garantir o conforto térmico em dias quentes para habitações de interesse social localizadas na zona bioclimática 3: a ventilação. Segundo a norma NBR 15220:2005, a área de ventilação deveria corresponder a no mínimo 15% da área do piso.

No verão, a ausência de ventilação faz com que a inércia térmica seja um fator negativo. Dito de outra maneira: ao fazer uso de componentes construtivos padronizados, o projeto arquitetônico característico das habitações de classe média e média baixa fica “subordinado” aos tamanhos de janelas disponíveis no mercado da construção civil, os quais nem sempre são capazes de responder satisfatoriamente às necessidades técnicas de conforto ambiental para a zona bioclimática que o imóvel se localiza.

Em relação à transmitância térmica da parede externa da edificação verifica-se que a espessura total das paredes externas é de 14 cm. Adotando como referência os dados divulgados no Anexo Geral V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes da Portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) nº 50/2013 (Figura 8), temos que a transmitância térmica das paredes externas é de $2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Tabela 4). Isso significa que o sistema construtivo das vedações externas cumpre o requisito mínimo indicado na NBR 15220:2005 para a zona bioclimática 3.

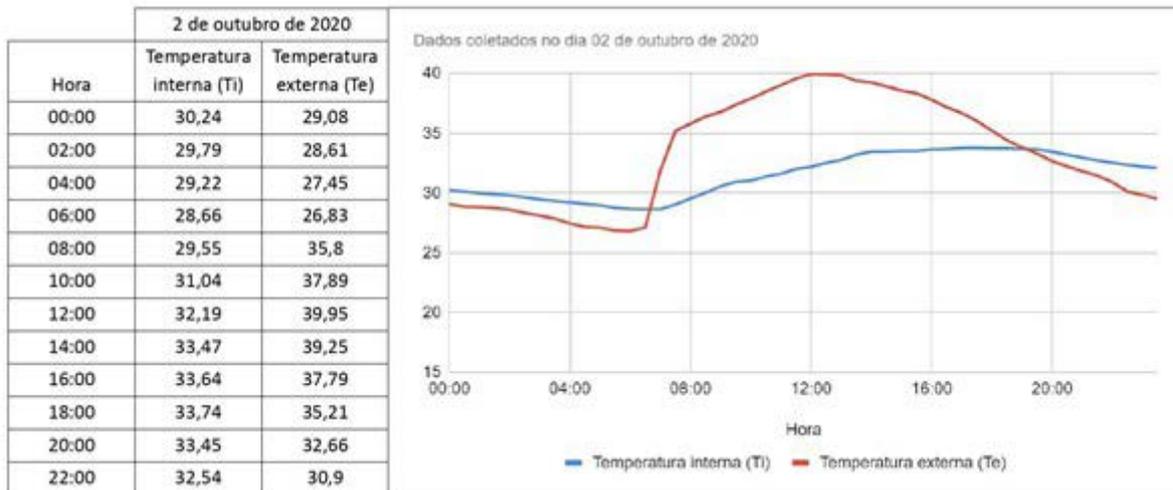
Figura 8 – Características térmicas das paredes externas e da cobertura



Fonte: Adaptado da Portaria Inmetro nº 50/2013.

O comportamento térmico conhecido como inércia térmica pode ser observado por meio das medições *in loco*. A NBR 15575:2013 sugere que as medições *in loco* sejam feitas no terceiro dia de uma série temporal que apresente as mesmas características climáticas. No caso, o dia 02 de outubro de 2020 foi escolhido para avaliação do desempenho, pois as temperaturas máximas internas e externas registradas nos dias anteriores foram, respectivamente: 32,31 °C e 38,01 °C em 30 de setembro e 31,65 °C e 38,46 °C em 01 de outubro. A temperatura máxima externa no dia 02 de outubro de 2020 foi de 39,95 °C às 12h, enquanto a temperatura interna máxima foi de 33,78 °C às 17:30 (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Temperaturas internas (dormitório 2) e externas, no dia 02 de outubro de 2020



Fonte: Elaboração Eder Adilson de Oliveira.

Como logo após o equinócio de primavera (22 de setembro) a temperatura interna foi superior à temperatura externa, é válido supor que, com a proximidade do solstício, será cada vez mais comum, dias em que a temperatura interna seja maior do que a temperatura externa. Isso leva à constatação de que a tipologia em questão (sobrado geminado) não atinge o desempenho térmico mínimo (M) exigido pela norma NBR 15575:2013 considerando um dia típico no verão paulistano (Tabela 4). Pela referida Norma, o nível de desempenho é atingido quando a temperatura interna máxima é menor do que a temperatura externa máxima, o que não foi

verificado nas medições realizadas. De acordo com a NBR 15575:2013, o dia típico de verão na cidade de São Paulo apresenta temperatura máxima diária de 31,9 °C e amplitude diária de temperatura de 9,2 °C. Chama a atenção o fato de que as medições *in loco* registraram temperatura máxima diária aproximadamente 7° C acima do dia típico (39,95 °C). A revisão da NBR 15575:2013, em 2021, suprime a abordagem do dia típico de verão.

Tabela 4 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Zona bioclimática 3, de acordo com a NBR 15520:2005	
Nível de desempenho	Critério NBR 15575:2013*
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar dentro do cômodo avaliado.
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar fora da edificação.
 Nota: Zona bioclimática de acordo com a NBR 15220:2005.
 * A NBR 15575 passou por revisão e uma nova versão passou a entrar em vigor em 2021. Essa nova versão apresentou uma nova classificação dos critérios de desempenho.

Fonte: Adaptado da NBR 15220:2005.

A aquisição de ventiladores e equipamentos de ar-condicionado parece emergir como a solução recorrente para obtenção de conforto térmico dentro desse tipo de habitação, torna-se relevante verificar se reformas pequenas, que possam ser feitas sem a necessidade de desocupação do imóvel, seriam capazes de amenizar o calor dentro da habitação durante os dias quentes, sem prejudicar seu desempenho térmico nos dias frios, e garantir melhor eficiência energética para a edificação ao longo do ano, sendo esse o assunto que trataremos a seguir.

3.2 O desempenho energético de um “sobrado popular” na zona leste da cidade de São Paulo

Pelo método prescritivo divulgado pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética (CB3E), que tem como objetivo classificar a eficiência energética de edificações residenciais segundo o regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R), foi possível verificar que, para o dormitório 2 do sobrado geminado que possui corredor lateral ao sul (D2S), os indicadores de graus-hora para resfriamento (4013 °C.h), consumo relativo para aquecimento (10,149 kWh/m².ano) e consumo relativo para refrigeração (20,739 kW/m².ano), recebem, respectivamente, as classificações E, B e D.

Para descobrir se, por meio de uma reforma, é possível melhorar a eficiência energética do D2S, foi utilizada a planilha de Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais. Os resultados encontrados confirmaram que melhorias podem ser obtidas por meio de reformas (projetos de arquitetura) que adotem estratégias como: ventilação e sombreamento dos vãos, aplicação de camada de gesso de 2 cm na face interna das paredes externas e pintura da laje com tinta refletiva e cores claras e/ou instalação de telhado verde. A Figura 9 apresenta as propriedades térmicas que foram utilizadas no preenchimento da planilha RTQ.

Figuras 9 – Características térmicas das paredes externas e da cobertura

	<p>Descrição:</p> <p>Gesso interno (placa 2,0cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_f</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²·K)]</th> <th>[kJ/m²·K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,37</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _f	[W/(m ² ·K)]	[kJ/m ² ·K]	2,37	120
U	C _f						
[W/(m ² ·K)]	[kJ/m ² ·K]						
2,37	120						
	<p>Telhado vegetado extensivo: Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Terra argilosa seca (10cm) Vegetação</p>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_f</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²·K)]</th> <th>[kJ/m²·K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,88</td> <td>310</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _f	[W/(m ² ·K)]	[kJ/m ² ·K]	1,88	310
U	C _f						
[W/(m ² ·K)]	[kJ/m ² ·K]						
1,88	310						

Fonte: Adaptado da Portaria Inmetro nº 50/2013.

Para o D2S, verificou-se que a aplicação de camada de gesso de 2 cm na face interna das paredes externas, a abertura de vão na fachada sul, a utilização de caixilhos que garantam 90% de ventilação dos vãos, o uso de brises para sombreamento e a instalação de telhado verde¹ são capazes de reduzir o indicador graus-hora para resfriamento de 4013 °C.h para 1701 °C.h (da classificação E para a classificação C) e o consumo relativo para refrigeração para 16,362kWh/m².ano (classificação C). O Quadro 1 apresenta as melhorias obtidas por meio de um conjunto de intervenções físicas que podem ser feitas no imóvel por meio de reformas que não exigem a desocupação do imóvel.

Quadro 1 – Análise do dormitório 2 do sobrado geminado com corredor lateral do lado sul (D2S)

Ambiente			D2S - Adaptação indicada Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos* + Telhado verde (10 cm)	D2S - Adaptação mínima Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos* + Cobertura com pintura refletiva ou cor clara	D2S - Adaptação mínima Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos*	D2S - Reforma sem melhoria Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos	Dormitório 2 Corredor Sul (D2S)
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0	0	0	0	0
	SUL	m ²	1,2	1,2	1,2	1,2	0
	LESTE	m ²	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	OESTE	m ²	0	0	0	0	0
Características das Aberturas	Ventilação	adimensional	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5
	Sombreamento	adimensional	0,5	0,5	0,5	0,2	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	D	D	E	E
			1701	2580	3148	3442	4013
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B	B
			11,626	10,733	9,772	9,772	10,149
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	D	D	D
			16,362	18,397	19,724	20,272	20,739

* Desenho de dispositivo de proteção solar de acordo com o Anexo 1 da Portaria INMETRO nº 018/2012.

Fonte: Adaptado da planilha de Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ.

Uma vez que sobrados geminados são sempre um conjunto de no mínimo 2 (duas) moradias, optou-se por extrapolar a análise para duas outras situações: dormitório de sobrado geminado, que fica entre dois sobrados, (D2M) e dormitório de sobrado geminado, com corredor lateral ao norte (D2N).

Adotando-se as mesmas melhorias, com exceção da abertura de um novo vão no sobrado entre sobrados, foi possível reduzir o indicador de graus-hora para resfriamento de 4455 °C.h para 1882 °C.h no D2M, e de 3664 °C.h para 1408 °C.h no D2N, e reduzir o consumo relativo à refrigeração de 21168 kWh/m².ano para 17176 kWh/m².ano no D2M, e de 20882 kWh/m².ano para 16957 kWh/m².ano no D2N, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Análise do dormitório 2 do sobrado geminado dos dois lados (D2M) e do dormitório 2 do sobrado geminado com corredor lateral do lado norte (D2N)

Ambiente	Identificação	adimensional	D2M - Adaptação indicada Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos* + Telhado verde (10 cm)	Dormitório 2 Entre sobrados (D2M)	D2N - Adaptação indicada Gesso + Abertura (sul) + Caixilho novo (leste) + Sombreamento dos vãos* + Telhado verde (10 cm)	Dormitório 2 Corredor Sul (D2N)
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0	0	1,2	0
	SUL	m ²	0	0	0	0
	LESTE	m ²	1,8	1,8	1,8	1,8
	OESTE	m ²	0	0	0	0
Características das Aberturas	Ventilação	adimensional	0,9	0,5	0,9	0,5
	Sombreamento	adimensional	0,5	0	0,5	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	E	C	E
			1408	3664	1882	4455
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B
			9,654	8,34	9,382	8,606
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	C	D
			16,957	20,882	17,176	21,168

* Desenho de dispositivo de proteção solar de acordo com o Anexo 1 da Portaria INMETRO nº 018/2012.

Fonte: Adaptado da planilha de Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ.

¹ Foi adotada absorvância (α) igual a 0,25 tal como sugerido por Dias (2016).

4 Conclusão

Esse trabalho estuda o modelo habitacional mais presente nas periferias da cidade de São Paulo, o sobrado geminado, com o objetivo de contribuir para o debate sobre políticas públicas atentas a situações que podem ser agravadas com o aumento da temperatura provocado pelas mudanças climáticas, nas chamadas ilhas de calor. O modo de produção da maior parte da moradia na cidade de São Paulo destinada à classe média e média baixa (padrões simples e médio) dificilmente se beneficia de estudos técnicos capazes de melhorar o desempenho térmico e aumentar a eficiência energética das edificações, o que pode levar a um aumento da despesa de energia devido ao uso de ar-condicionado. Contudo, as análises feitas por meio de planilha disponibilizada pelo Centro Brasileiro Eficiência Energética (CB3E) confirmaram que reformas de pequeno porte podem responder adequadamente às ondas de calor e evitar uma sobrecarga no setor energético, provocada por um aumento excessivo da demanda por energia para o condicionamento artificial. Compreendemos que a construção de cidades sustentáveis e inclusivas no Brasil depende de um debate realista sobre a cidade como ela é, e da reflexão sobre como o modo de produção habitacional molda e é moldado pelo uso e ocupação do solo.

Referências

- AKUTSU, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001017430>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações Habitacionais Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações Habitacionais Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013**. Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações. Brasília, DF: Inmetro, 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001961.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica EPE 030/2018**. Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 13 dez. 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf. Acesso em: 1 fev. 2024.
- CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). Publicações. **CB3E-UFSC**, Florianópolis, 2021. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/publicacoes>. Acesso em: 8 jun. 2020.
- CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO (CAU/BR). Como o brasileiro constrói. **Pesquisa CAU/BR Datafolha**, Brasília, 2015. Disponível em: <https://caubr.gov.br/pesquisa2015/como-o-brasileiro-constroiu/>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- DIAS, Adriano Ethur. **O desempenho térmico de uma cobertura verde em três cidades brasileiras**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/175074>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- ELETROBRÁS. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). **Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso** (PPH-2007): Ano Base 2005, Setor Residencial, Relatório Brasil. Rio de Janeiro: PROCEL, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE). **Valores de edificações de imóveis urbanos - Unidades isoladas**. São Paulo: IBAPE, 2019. Disponível em: https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1622144809-1571834643-VEIU_0410__baixa.pdf. Acesso em: 23 jan. 2024.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

KEMERY, Becky. **Yurts: living in the round**. Estados Unidos da América: Gibbs Smith, 2006.

KING, Paul. **The complete Yurt handbook**. 4. ed. Estados Unidos da América: Eco-logic Books, 2002.

KONG, Xiangfei *et al.* Numerical study on the thermal performance of building wall and roof incorporating phase change material panel for passive cooling application. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 81, p. 404-415, out. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881400526X>. Acesso em: 24 jan. 2024.

KUEHN, Dan Frank Huehn. **Mongolian Cloud Houses: how to make a yurt and live comfortably**. 2. ed. Estados Unidos da América: Shelter Publications, Inc, 2006

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: ProLivros, 2004.

MURAKAMI, Shuzo. **Evaluating Environmental Performance of Vernacular Architecture through CASBEE**. Japan: Keio University Press, 2008

MOITA, Francisco. **Energia solar passiva**. Portugal: Argumentum, 2010.

ORUI, Samantha. **Desempenho térmico de habitações construídas com terra**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (PMSP). **Caderno de Propostas dos Planos Regionais das Subprefeituras Quadro Analítico – Penha**. São Paulo: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2016. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/QA-PE.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024

PREFEITURA DE SÃO PAULO (PMSP). Mapa Digital da Cidade de São Paulo. **GeoSampa**, São Paulo, 2020. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em: 10 mai. 2020.

O CLIMA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO. **Vulnerabilidade da Região Metropolitana de São Paulo**, [s. l.], 2007. Disponível em: http://megacidades.ccst.inpe.br/sao_paulo/VRMSP/capitulo3.php. Acesso em: 1 fev. 2024.

Sobre os autores

Ana Paula Koury

Pós-Doutora pelo Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (USP). Doutora pela Fau USP. Mestrado e Graduação pela escola de Engenharia de São Carlos. Atualmente atua como professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Engenharia Civil da Universidade São Judas (São Paulo). Fulbright Visiting Scholar em Global Cities na CUNY (Bernard e Anne Spitzer Scholl of Architecture, outono de 2016). Membro do comitê gestor do Laboratório Klimapolis (IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo USP / Instituto Max Planck de Meteorologia de Hamburgo). Membro do Comitê Consultivo do Diretório de Relações Internacionais da CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Médio). Desde 2016 lidera o experimento piloto do Laboratório Itaim Paulista do Real World Lab no bairro periférico da cidade de São Paulo, que integrou o Laboratório Klimapolis em 2019.

Eder Adilson de Oliveira

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo – Gestão do Espaço Urbano pela Universidade São Judas. Pós-Graduado em Engenharia de Produção e Gestão de Custos pela Universidade Internacional de Curitiba (2016). Graduado em Tecnologia de Edifícios e Controle de Obras pela Fatec São Paulo (2018). Graduado em Gestão de Qualidade e Processos Produtivos pela Universidade de Guarulhos (2010). Formação técnica em Mecânica pelo Senai São Paulo (1996). Atualmente exerce função de monitor educacional em nível técnico no Senac Guarulhos e atua como projetista civil de estações de energia.

Samantha Orui

Mestrado profissional em Habitação: Planejamento e Tecnologia pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Bolsista CNPq DTI-B no INCT Klimapolis e colaboradora no Laboratório Arq. Futuro de Cidades.

Avaliado em: 27/09/2023

Aceito em: 15/12/2023