



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## MAPEAMENTO DE FLUXO DE CALOR EM UM PAVIMENTO TIPO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE JOINVILLE-SC<sup>1</sup>

**ESTRADA, André Vitisin (1); HACKENBERG, Ana Mirthes (2); HENNING, Elisa (3)**

- (1) Universidade do Estado de Santa Catarina, andrevitisin@gmail.com  
(2) Universidade do Estado de Santa Catarina, ana.hackenberg@udesc.br  
(3) Universidade do Estado de Santa Catarina, elisa.henning@udesc.br

### RESUMO

*As mudanças climáticas impactam o setor da construção civil, seja no aspecto ambiental, como também na relação com os usuários, em virtude da importância do conforto térmico das edificações. Nessa ótica, o objetivo deste artigo consiste em analisar o fluxo de calor em paredes e aberturas de um pavimento tipo situado em um edifício na cidade de Joinville-SC. O pavimento consiste em três apartamentos divididos em cozinha, suíte 1, suíte 2, quarto, banheiro e sala de estar. Dessa forma, o estudo propõe mapear o fluxo de calor incidente nesses ambientes de modo a compreender sua dinâmica ao longo do dia, meses e ano, além de identificar melhorias no projeto. Para isso, foram utilizadas ferramentas matemáticas descritas na norma brasileira e softwares. Na análise de um dia típico, o maior pico de fluxo está na suíte 2 do apartamento 1 e na cozinha nos apartamentos 2 e 3. Já no mapa de calor, durante os meses e estações do ano, dois ambientes se destacaram: a cozinha do apartamento 3 e a suíte 1 do apartamento 1. Após pequenos ajustes na planta, houve uma queda do fluxo de calor de 64,23% na suíte 1, e de 37,50% na cozinha.*

**Palavras-chave:** Fluxo de calor, conforto térmico, edifício, Joinville.

### ABSTRACT

*Climate change impacts the construction sector, both in the environmental aspect and also in the relationship with users, due to the importance of the thermal comfort of buildings. In this perspective, the objective of this article is to analyze the heat flow of walls and openings of a type floor located in a building in the city of Joinville-SC. The floor consists of three apartments divided into kitchen, suite 1, suite 2, bedroom, bathroom and living room. Thus, the study proposes to map the incident heat flow in these environments in order to understand their dynamics throughout the day, months and year, in addition to identifying improvements in the project. For this, mathematical tools described in the Brazilian standard and software were used. In the analysis of a typical day, the highest peak of flow is in suite 2 of apartment 1 and in the kitchen in apartments 2 and 3. On the heat map, during the months and seasons, two*

---

<sup>1</sup> ESTRADA, André Vitisin; HACKENBERG, Ana Mirthes; HENNING, Elisa. Mapeamento de fluxo de calor em um pavimento tipo de um edifício residencial na cidade de Joinville-SC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

*environments stood out: the kitchen of apartment 3 and suite 1 of apartment 1. After minor adjustments to the plant, there was a decrease in heat flow of 64.23% in suite 1, and 37.50% in the kitchen.*

**Keywords:** Heat flow. Thermal Comfort. Building. Joinville.

## 1 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas dos últimos anos afetam diversos setores como disponibilidade, quantidade e qualidade da água, problemas de segurança alimentar, saúde humana, assentamentos urbanos e rurais, produção de energia, desenvolvimento industrial, crescimento econômico e ecossistemas (UNESCO, 2020). Com isso, a alteração do clima é um dos maiores problemas ambientais que a atualidade vem enfrentando (RIBEIRO; SANTOS, 2017). Essas mudanças ao longo dos anos representaram um divisor de águas no setor da construção civil. Estudos demonstram a dimensão dos impactos ambientais decorrentes dessa atividade, favorecendo assim, a busca por formas alternativas para a construção civil (SÃO PAULO, 2014).

Nessa ótica, o conforto térmico é muito importante para a sociedade moderna, pois não apenas elabora a base do projeto da construção civil, mas também se relaciona com o *design* sustentável da construção e seu desempenho energético (SANSANIWAL; MATHUR; MATHUR, 2020). Medidas para trabalhar e orientar sobre prescrições que envolvem, tanto o conforto térmico como a eficiência na área da construção no Brasil não são recentes. Nesse âmbito, a norma brasileira NBR 15220/05 (ABNT, 2005) retrata e aborda diretrizes para o desempenho térmico das edificações e embarca acerca do conforto dos ambientes. Estas impactam na redução do consumo energético por mecanismos industrializados, para condicionar a temperatura e fornecer conforto aos usuários das edificações. Pode ser citada também a norma NBR 15575/15 (ABNT, 2015) que desde 2015 apresenta uma série de parâmetros para testar a qualidade na construção civil brasileira, de forma a padronizar o mercado.

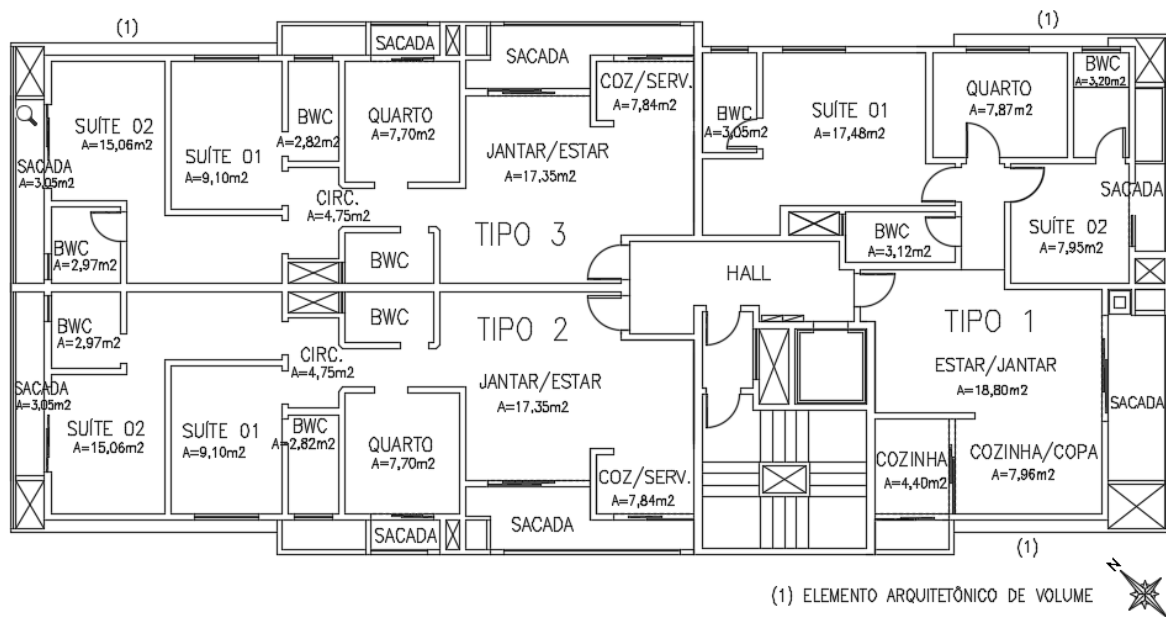
Dessa forma, o artigo tem como objetivo analisar o fluxo de calor em painéis de vedação e aberturas (esquadrias) de um pavimento tipo, a fim de mapear o fluxo incidente no meio para compreender a sua dinâmica ao longo de um dia típico e meses do ano.

## 2 METODOLOGIA

O método de mapeamento do pavimento tipo consistiu em duas análises. A primeira corresponde aos perfis de fluxo de calor ao longo de um dia típico de cada mês do ano. Já a segunda análise, representa um mapa de calor de cada ambiente do pavimento, em relação ao fluxo de calor total do dia típico.

Dessa forma, o pavimento estudo possui sua localização na cidade de Joinville-SC e está inserido em um edifício de nove pavimentos, classificado pela construtora como alto padrão. O pavimento em sua configuração interna, apresenta três apartamentos, intitulados como Tipo 1, 2 e 3. O Tipo 1 possui área de 86,79 m<sup>2</sup> e distribuição interna dos ambientes diferente dos demais. Em relação ao Tipo 2 e 3, os ambientes são espelhados e possuem a mesma metragem de 80,94 m<sup>2</sup>. A Figura 1 representa a planta baixa do pavimento estudado.

Figura 1 – Planta baixa pavimento tipo



Fonte: Os autores

Para o cálculo do fluxo de calor dos ambientes foi levado em conta as aberturas e as vedações verticais, sendo descartado o fluxo pela cobertura. Para isso, foi utilizada a fórmula disposta na NBR 15220/05 (ABNT, 2005), com a qual é possível calcular o fluxo de calor através das aberturas (Equação 1) e pelas paredes (Equação 2). Com esses resultados, pode-se obter o fluxo total do ambiente, conforme Equação 3.

$$\Phi_{abr} = A \cdot U \cdot (T_{ext} - T_{int}) + FS \cdot RS \quad (1)$$

$$\Phi_{par} = A \cdot U \cdot (T_{ext} - T_{int} + \alpha \cdot RS \cdot Rse) \quad (2)$$

$$\Phi_{tot} = \Phi_{abr} + \Phi_{par} \quad (3)$$

Essas fórmulas levam em conta a área de aplicação (A) em m<sup>2</sup>, a transmitância térmica do material (U) por W/m<sup>2</sup>K, a temperatura externa (T<sub>ext</sub>), temperatura interna (T<sub>int</sub>), ambas em °C. O fator solar (FS), a radiação solar (RS), a absorvidade solar (α) e a resistência superficial externa (Rse) em m<sup>2</sup>K/W.

Os valores de transmitância térmica (U) das janelas e paredes, foram obtidos através da Portaria 50 do INMETRO (INMETRO, 2013). O vidro optado pela construtora para todas as janelas foram o COOL-LITE ST 167 com fator solar de 0,694 e transmitância térmica de 5,745. Em relação à parede, a configuração compreende uma placa de gesso interno de 2 cm, bloco cerâmico de 9 cm, argamassa externa e uma pintura externa de 1,5 cm. Sendo assim, a estrutura possui transmitância térmica de 2,37 de acordo com o INMETRO (INMETRO, 2013).

Para simular a temperatura externa (T<sub>ext</sub>) ao longo do ano foi utilizado o software EnergyPlus v.8.7.0 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY'S, 2019) com arquivo climático do aeroporto da cidade. A temperatura interna utilizada para a estação verão foi de 24,5°C e para estação inverno 20°C, com base nas normas ISO 7730/05 (ISO, 2005) e NBR 15220/05 (ABNT, 2005), para as demais estações foram utilizadas a média de 22,3°C. A radiação solar foi obtida pelo software RADIA-SOL v 2.1 (LABSOL, 2019) para a cidade de São Francisco do Sul-SC, a qual possui a mesma latitude de Joinville-SC.

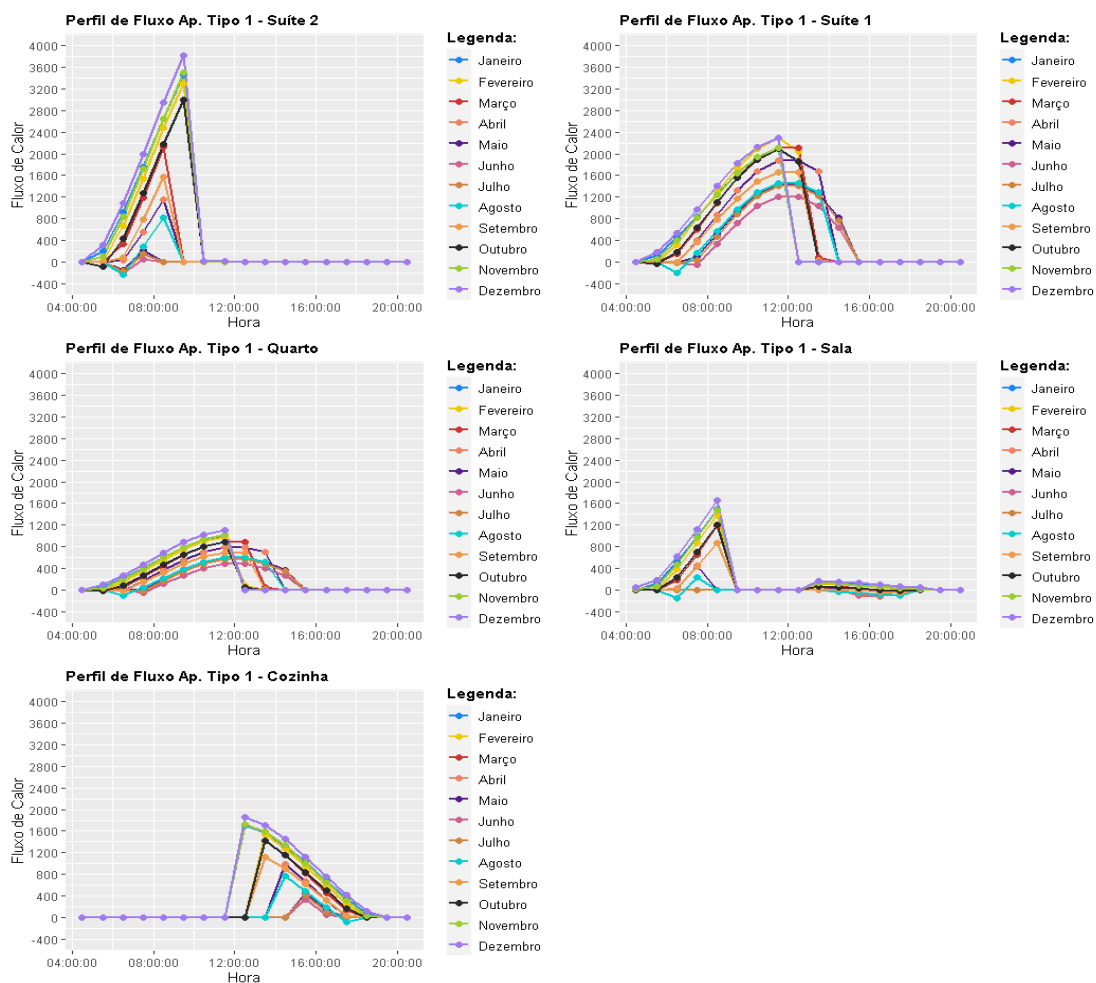
Já para absorvidade solar e resistência superficial externa, foi utilizada a norma NBR 15520/05 (ABNT, 2005), a qual indica os valores de 0,20 e 0,04 respectivamente, uma vez que a cor escolhida em projeto da pintura externa é branca. Para determinar as horas de insolação nas fachadas e aberturas foi utilizado o software SOL-AR (LABEE, 2019) respeitando a arquitetura de projeto. Os gráficos foram feitos com o software R (R CORE TEAM, 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento das horas de incidência solar, indicou, de forma preliminar, que a posição geográfica do apartamento Tipo 2 recebe maior incidência no período da tarde ao longo de todo o ano. No entanto, na estação inverno, o quarto, a sala e a cozinha não recebem incidência solar por causa dos elementos de sombreamento. Com relação aos apartamentos 1 e 3, devido à sua orientação, essa característica não é observada, pois, eles recebem insolação em todas as estações do ano.

Os resultados referentes ao levantamento do fluxo de calor no pavimento geraram perfis (Figuras 2, 3 e 4), os quais ilustram o comportamento da variável nos ambientes estudados, em cada mês do ano, no decorrer de um dia típico. Os valores aferidos de fluxo de calor ao longo do dia iniciou às 4:30 horas e finalizou às 20:30 horas, dessa forma os valores foram apresentados em intervalos de uma hora, devido à simulação do software de irradiação.

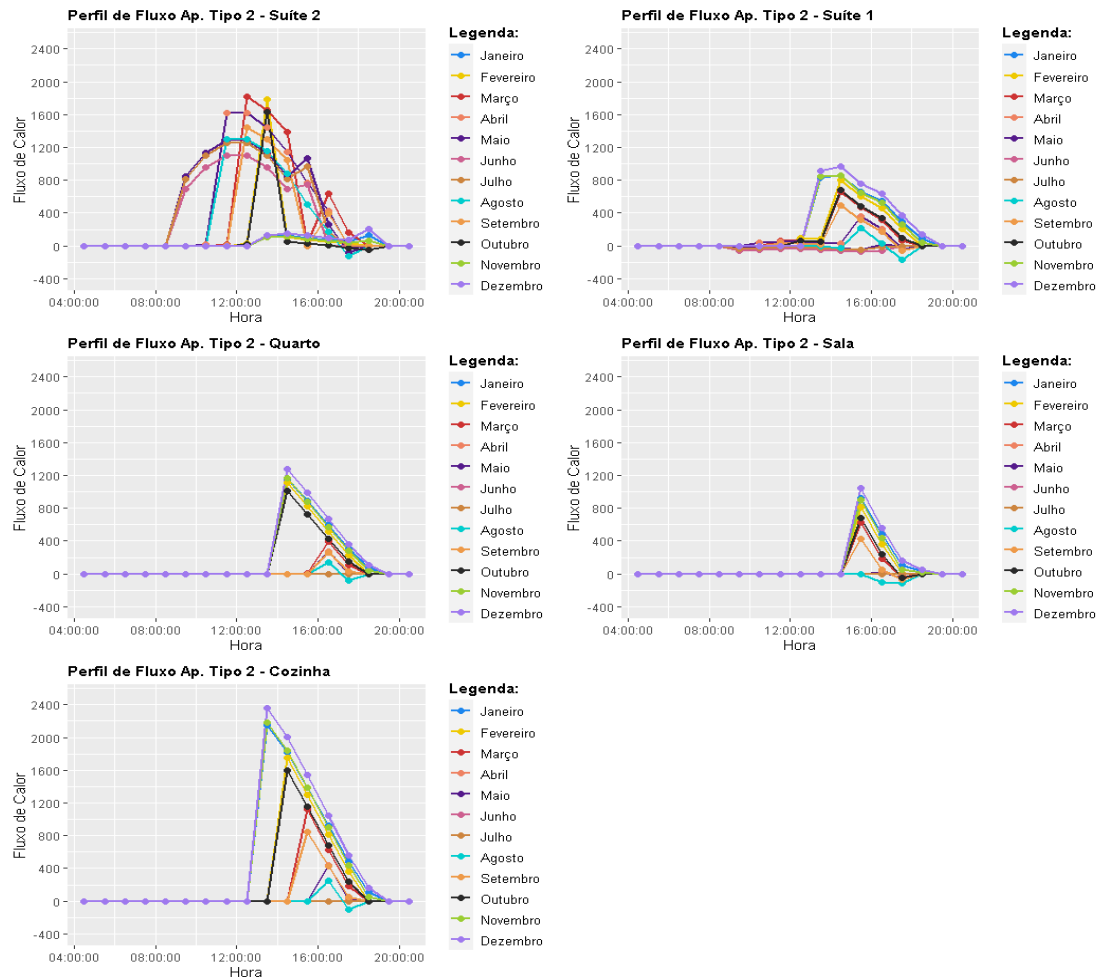
Figura 2 – Perfil de fluxo Tipo 1



Fonte: Os autores

Os resultados dos perfis de fluxo da Figura 2, ilustram que o apartamento Tipo 1 possui predominância de fluxo no período da manhã. Além disso, o perfil da suíte 2 aponta o maior fluxo de calor comparado com os demais. A curva do mês de dezembro atingiu o maior o valor, o qual corresponde a 3826,8 W às 9:30 horas. A suíte 1 apresenta o segundo maior pico, com o valor de 2302,3 W às 11:30 horas. Em seguida a cozinha, a qual detém predominância de fluxo na parte da tarde, tem-se o pico também na curva de dezembro às 13:30, com o valor de 1856,9 W. O quarto possui o valor de pico de 1109,03 W também no mês de dezembro às 11:30 horas. Já a sala apresenta pico de fluxo no valor de 1661,9 W também em dezembro às 8:30 horas.

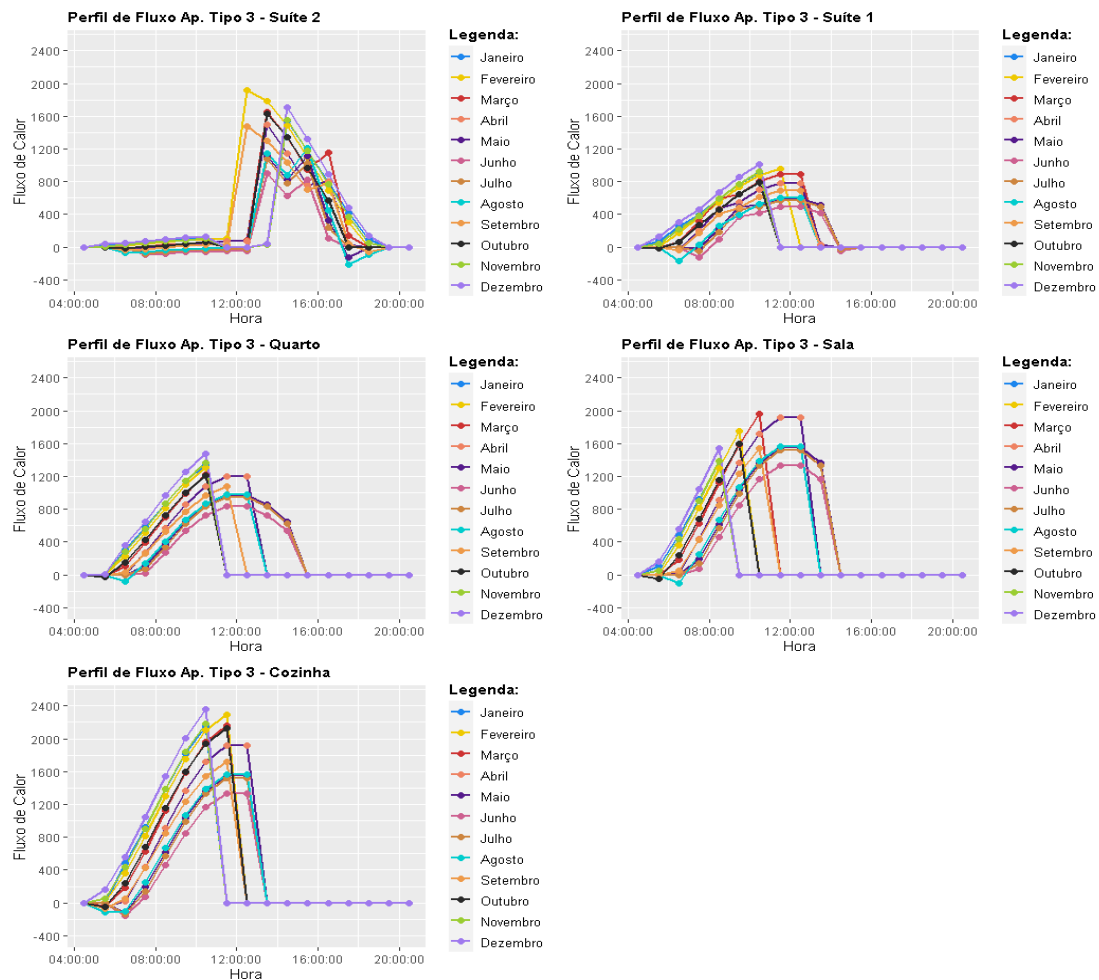
Figura 3 – Perfil de fluxo Tipo 2



Fonte: Os autores

A configuração dos perfis do apartamento Tipo 2, apresenta valores de fluxo de calor no período vespertino e destaca-se o ambiente da cozinha com os maiores valores. Na análise de pico, a suíte 1 apresentou no mês de dezembro um valor de 966,9 W às 14:30 horas; a suíte 2 detém o maior valor em 1818,1 W em março às 12:30 horas. Já para a cozinha o valor foi de 2354,2 W às 13:30 horas na curva de dezembro; o quarto indicou pico também às 13:30 horas de 1279,1 W na curva de dezembro; o último ambiente, a sala, apresenta um pico no mês de dezembro com valor de 1042,6 W às 15:30 horas.

Figura 4 - Perfil de fluxo de calor Tipo 3



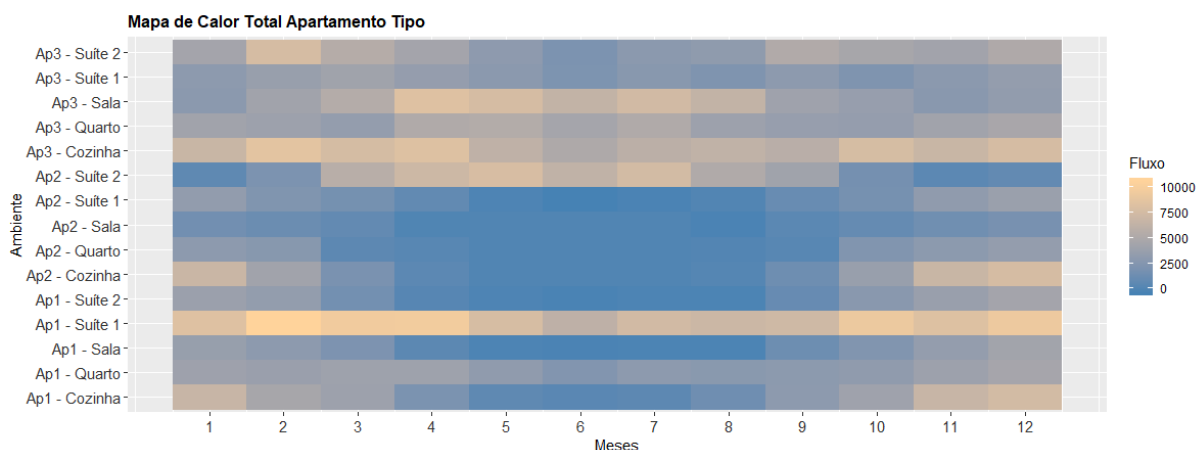
Fonte: Os autores

Em relação ao perfil de fluxos de calor do apartamento tipo 3, apresenta um padrão nas curvas dos meses em quase todos os ambientes, exceto na suíte 2 que possui picos no período da tarde. Em vista disto, a suíte 1, cozinha e quarto apresentaram os maiores valores de 1006,9, 2354,2 e 1471,4 W, na curva do mês de dezembro às 10:30 horas. Já na suíte 2 e sala ilustraram os maiores picos na curva de março às 10:30 e 12:30 horas, com valores de 1818,1 e 1920,2 W respectivamente.

Em uma visão holística do pavimento estudado, o perfil mais expressivo corresponde a suíte 2 do Tipo 1. Já nos apartamentos Tipo 2 e 3 a cozinha apresentou a perfil de fluxo mais intenso em um dia típico. Com isso, a possibilidade de um aumento de temperatura nesses ambientes é maior, quando comparada com os demais.

A composição do mapa de calor do pavimento tipo, ilustrado pela Figura 5, apresenta o valor total do fluxo recebido de um dia típico em cada mês. Com base na Figura 5 é possível identificar os ambientes que recebem maior fluxo de calor ao longo do ano, os quais dois ambientes que se destacaram dos demais, a cozinha do tipo 3 e a suíte do tipo 1. Entretanto, pode-se destacar também ambientes como a suíte 2 do apartamento 2 que possui baixo fluxo de calor nos meses mais quentes e esses fluxos sobem nos meses mais frios, proporcionando assim maiores condições de conforto térmico aos usuários.

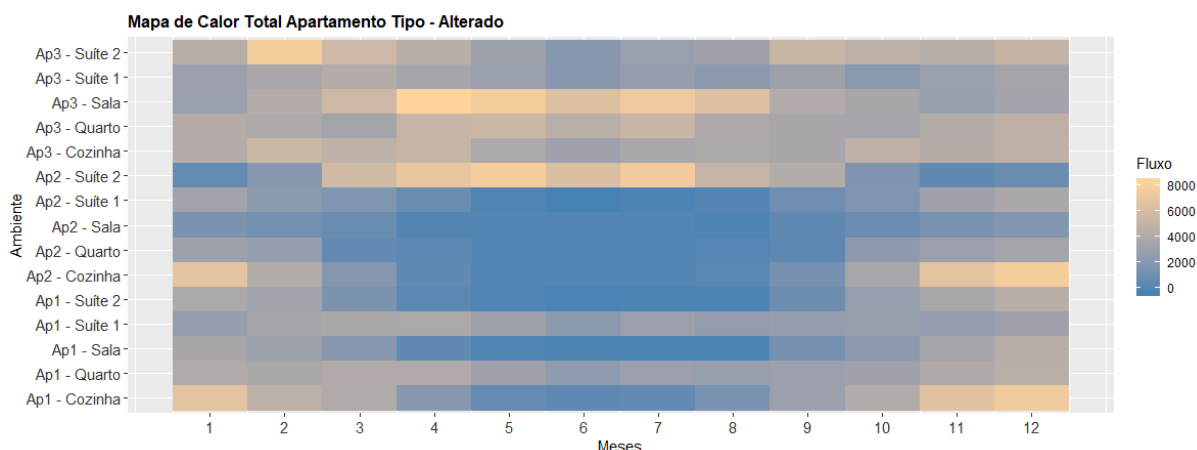
Figura 5 – Mapa de calor pavimento Tipo



Fonte: Os autores

Dessa forma, como medida mitigadora para reduzir o fluxo nesses ambientes, na cozinha foi alterada a área da abertura, pois nesse ambiente, o sombreamento pela sacada não é suficiente nos meses com maior incidência solar. Nessa perspectiva, a sua substituição foi respeitando o quadro de esquadrias utilizadas pela construtora neste projeto. Sendo assim, a escolha foi pela área que mais se aproximava da esquadria original, mesmo assim o impacto na redução da área da abertura foi de 38,23%. Já na suíte 1 do apartamento tipo 1, como não havia nenhum elemento arquitetônico que gerasse sombra, a pequena marquise que terminava no quarto foi estendida até o fim da suíte 1. Os resultados dessas modificações arquitetônicas no projeto, geraram outro mapa de calor, ilustrado pela Figura 6.

Figura 6 – Mapa de calor pavimento Tipo alterado



Fonte: Os autores

As medidas realizadas apresentaram um impacto de redução do fluxo de calor de 64,23% na suíte 1, já na cozinha o impacto foram 37,50%. Nesse âmbito, com uma pequena alteração nos elementos arquitetônicos do pavimento tipo, houve melhoras significativas na redução de fluxo de calor dos ambientes em questão.

#### 4 CONCLUSÃO

A análise sobre mapeamento de fluxo de calor, indicou nos perfis de dia típico os maiores picos de fluxo acontece na cozinha dos apartamentos 2 e 3 e na suíte 2 do

apartamento 1. Em uma visão geral dos perfis, o maior pico de fluxo apresentou no apartamento Tipo 01 na suíte 2 (3826,8 W) no intervalo das 9:30 horas no mês de dezembro.

O mapa de calor apresentou valores altos para a suíte 1 do tipo 1 e a cozinha do tipo 3. Após levar alterações arquitetônicas esses valores foram alterados significativamente, na ordem de 64,23% de fluxo reduzido na suíte 1 e 37,50% de fluxo na cozinha.

Estudos desse sentido demonstram e fornecem subsídios para compreender o comportamento de apartamentos em relação ao fluxo de calor. Além disso, são importantes para criar medidas mitigadoras que geram maior conforto do usuário e em consequência disso, reduzir o consumo de aparelhos eletrônicos para criarem ambientes confortáveis.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa UNIEDU/FUMDES Pós-Graduação. Os autores também gostariam de agradecer o apoio financeiro a esta pesquisa recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina-FAPESC (termo de concessão 2019TR594).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL - **Portaria Inmetro nº 50, 01 de fevereiro de 2013. Anexo geral V** – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Rio de Janeiro, 2013.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 7730**: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018. Switzerland: Iso, 2005. 49 p.

LABEE. Copyspider: Software **SOL-AR**. Versão 6.2 [S. l.], 16 set. 2019.

LABSOL. Copyspider: Software **RADIA-SOL**. Versão 2.1. [S. l.], 17 set. 2019.

R CORE TEAM. **An Introduction to R**. Auckland: R Core Team, 2020. 105 p. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf> . Acesso em: 12 mar. 2020.

RIBEIRO, Suzana Kahn; SANTOS, Andrea Souza. **Mudanças Climáticas e Cidades**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: Coppe – Ufrj, 2016. 120 p.

SANSANIWAL, Sunil Kumar; MATHUR, Jyotirmay; MATHUR, Sanjay. Review of practices for human thermal comfort in buildings: present and future perspectives. : present and future perspectives. **International Journal Of Ambient Energy**, [s.l.], p. 1-27, 18 fev. 2020.

SÃO PAULO. São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. **Cadernos de Educação Ambiental, 9**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014. 112 p. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cea/2014/11/09-habitacao-sustentavel1.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report**: water and climate change. Paris: Unesco, 2020. 235 p.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY'S. Copyspider: Software **Energy-Plus**. Versão 8.7.0. [S. l.], 16 set. 2019.