

## CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM ESPAÇOS ABERTOS NA CIDADE LITORÂNEA DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SANTA CATARINA, DURANTE A ESTAÇÃO DO VERÃO

Iago Turba Costa

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria, RS, Brasil  
[iago.costa@iffarroupilha.edu.br](mailto:iago.costa@iffarroupilha.edu.br)

Cassio Arthur Wollmann

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria, RS, Brasil  
[cassio@ufsm.br](mailto:cassio@ufsm.br)

Salman Shooshtarian

Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne, Austrália,  
[salman.shooshtarian@rmit.edu.au](mailto:salman.shooshtarian@rmit.edu.au)

Luana Writzl

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria, RS, Brasil  
[luanawritzl@yahoo.com.br](mailto:luanawritzl@yahoo.com.br)

Jenifer Buss dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria, RS, Brasil  
[jeniferbuss@hotmail.com](mailto:jeniferbuss@hotmail.com)

### RESUMO

O objetivo central desta pesquisa é investigar o conforto térmico humano (CTH) da população residente de Balneário Camboriú, Santa Catarina, que utiliza os ambientes abertos da cidade durante a estação do verão. Para tal, foram identificados quatro diferentes ambientes térmicos em morfologias urbanas distintas: P1 – “Orla da Praia Central”, área rodeada pelos edifícios que circundam a orla praiana; P2 – “Praia das Taquaras”, praia afastada do centro urbano; P3 – “Jornal Página 3” – local com menor verticalidade em um bairro residencial; e P4 – “Emasa”, situado em um grande desfiladeiro urbano. Foi utilizada a metodologia *Sky View Factor* (SVF) para caracterizar a morfologia urbana nos pontos escolhidos, e calibraram-se os índices PET (*Physiological Equivalent Temperature*) e UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) para avaliar o CTH. O estudo demonstrou que o acesso à radiação solar ao nível do pedestre pode ser tanto favorecido quanto prejudicado na estação do verão, dependendo da morfologia urbana local e do horário do dia.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico Humano. Espaços Abertos. Verticalização. *Sky View Factor* (SVF). Balneário Camboriú.

### HUMAN THERMAL COMFORT IN OPEN SPACES IN THE COASTAL CITY OF BALNEÁRIO CAMBORIÚ – SANTA CATARINA DURING THE SUMMER SEASON

### ABSTRACT

The central objective of the research is to investigate the human thermal comfort (HTC) of the resident population of Balneário Camboriú - Santa Catarina, who use the city's open spaces during the summer season. To this end, four different thermal environments with different urban morphologies were identified: P1 – “Praia Central Waterfront”, surrounded by buildings that circulate along the beach waterfront; P2 – “Praia das Taquaras”, a beach near the urban center; P3 – “Journal Página 3”, a place with lower verticality in a residential neighborhood; P4 – “Emasa”, a place of a large urban gorge. The *Sky View Factor* (SVF) methodology was used to characterize the urban morphology of the rocky points, and the PET (*Physiological Equivalent Temperature*) and UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) indices were calibrated to evaluate the HTC. The study demonstrates that access to solar radiation at pedestrian level

can be both advantageous and disadvantageous during the summer season, depending on local urban morphology and the time of day.

**Keywords:** Human Thermal Comfort. Open Spaces. Verticalization. Sky View Factor (SVF). Balneário Camboriú.

## INTRODUÇÃO

As cidades tornaram-se a principal forma de ocupação humana no planeta. Desde 2008, quando a população mundial ultrapassou os 7 bilhões de habitantes, mais da metade passou a viver em áreas urbanas. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), essa proporção deve crescer para 68% até 2050. Além de concentrarem grande parte da população, as cidades também desempenham um papel central na economia global. De acordo com o Banco Mundial (2021), os centros urbanos são responsáveis por cerca de 80% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial.

A urbanização tem se consolidado como um processo contínuo, refletido no fato de que a maior parte da população mundial atualmente reside em áreas urbanas. Conforme aponta Szűcs (2013), esse avanço implica no uso intensificado dos espaços públicos ao ar livre, tornando essencial o desenvolvimento de estratégias de planejamento urbano. Essas ações devem assegurar que os espaços abertos ofereçam condições adequadas de saúde e conforto para os cidadãos que os utilizam no cotidiano, nas mais variadas atividades (Szűcs, 2013).

De acordo com a definição da *American National Standards Institute (ANSI)* e *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*, ANSI/ASHRAE (1992), o conforto térmico pode ser compreendido como uma sensação subjetiva de bem-estar em relação às condições ambientais ao redor do indivíduo. Essa sensação é influenciada por diversos fatores interligados: aspectos físicos, relacionados à troca de calor entre o corpo e o ambiente; fatores fisiológicos, ligados às características biológicas e às respostas do organismo humano; e elementos psicológicos, referentes às experiências prévias, expectativas e percepções individuais de cada pessoa em determinada situação (Lamberts *et al.*, 2011).

Nesse contexto, observa-se um esforço em desenvolver conceitos e fórmulas capazes de medir os níveis de conforto térmico, incentivando a produção de pesquisas voltadas à influência do Conforto Térmico Humano (CTH) em espaços abertos. Esses estudos exploram diferentes relações, que vão desde as implicações em processos patológicos até as contribuições para o planejamento urbano, considerando a interação entre as atividades humanas, os elementos arquitetônicos, os espaços habitacionais e a organização das cidades (Huang; Li, 2017).

Nesse contexto, aliado ao crescimento vertical das estruturas urbanas por meio da construção de edifícios, destaca-se o município de Balneário Camboriú (SC), localizado no litoral norte de Santa Catarina. Com uma população estimada em cerca de 140 mil habitantes em 2022 (IBGE, 2022), a cidade apresenta elevado grau de urbanização e verticalização. Conforme apontam Beuting e Martins (2016), Devitte; Souza e Radatz (2018) e Siqueira e Schleder (2021), esse processo foi impulsionado, em grande parte, pela ausência de um plano diretor efetivo até a década de 1970. A primeira limitação relacionada à altura das edificações só foi estabelecida com o plano diretor de 1989.

A expressiva verticalização de Balneário Camboriú é confirmada por Wollmann *et al.* (2020), que destacam a cidade como palco do processo de verticalização mais intenso do Brasil e de todo o Hemisfério Sul, concentrado em uma faixa litorânea com menos de seis quilômetros de extensão. Isso caracteriza Balneário Camboriú como o exemplo mais notável de verticalização urbana na América do Sul. Esse processo está diretamente relacionado ao crescimento significativo na altura dos edifícios ao longo do tempo. De acordo com Beuting e Martins (2016), enquanto na década de 1970 os prédios possuíam, em média, 18 pavimentos e altura aproximada de 54 metros, em 2013 essa média subiu para 48 pavimentos, com altura média de 163,95 metros. A Figura 1 ilustra a verticalização de Balneário Camboriú, destacando a vista da orla, marcada pela formação de uma "parede" de edifícios, e a perspectiva a partir do continente.

Figura 1 - Vista panorâmica atual da orla de Balneário Camboriú/SC, Brasil, focalizada na praia central: (A) Visada a partir do oceano; (B) Visada a partir do continente



Fontes: Wollmann *et al.* (2021). Elaboração: Autores (2025).

Em uma revisão sistemática sobre o Conforto Térmico Humano em espaços abertos de cidades verticalizadas, Costa *et al.* (2024) observaram que a maioria dos estudos se concentra na estação do verão. Isso se deve aos cenários projetados pelas mudanças climáticas, que indicam um aumento significativo das temperaturas nas próximas décadas, tornando o verão um período crítico para a análise do conforto térmico. Por essa razão, grande parte das investigações é realizada durante os meses mais quentes do ano.

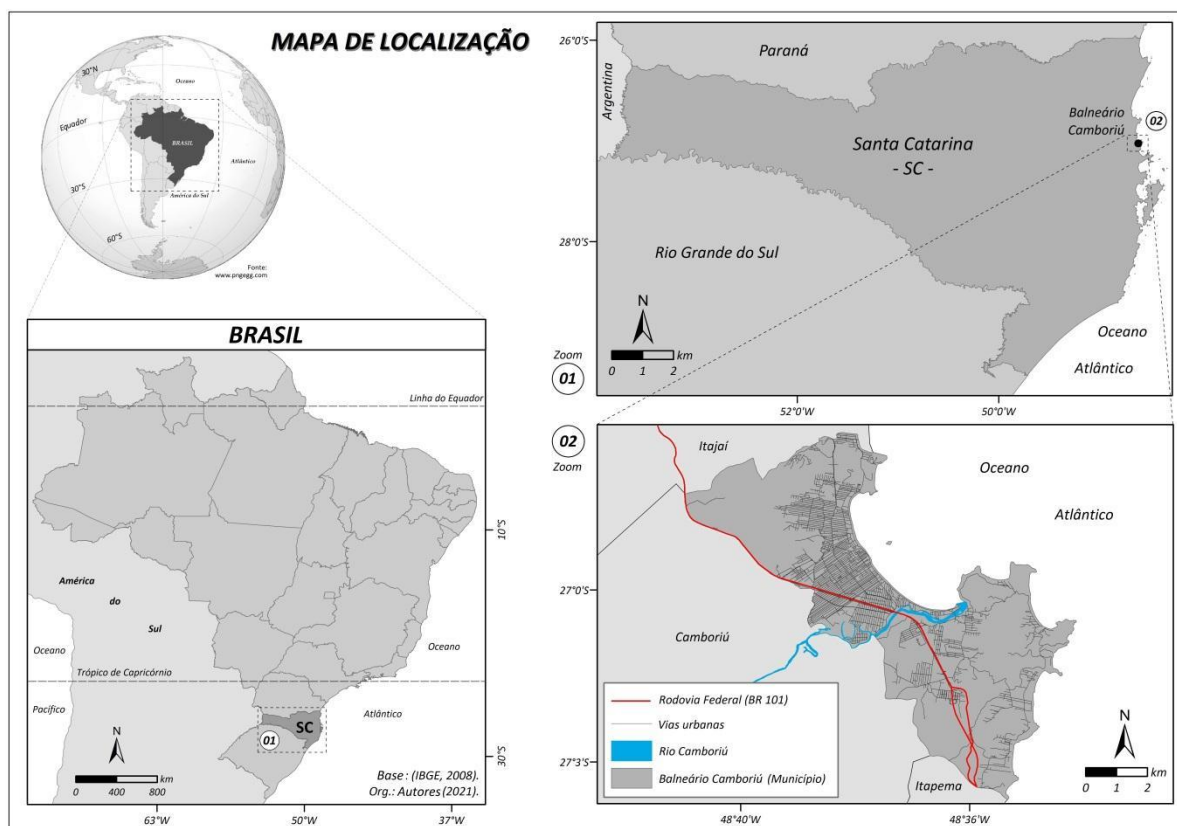
O objetivo central desta pesquisa é analisar o conforto térmico humano da população residente em Balneário Camboriú, Santa Catarina, por meio da aplicação de índices térmicos em diferentes ambientes urbanos durante a estação do verão. A investigação foca em uma cidade caracterizada por alta verticalização e morfologia urbana alterada, que, nessa estação, possui um fluxo intensificado de pessoas para fins turísticos.

### **Caracterização da área de estudo**

O município de Balneário Camboriú está localizado na porção leste do estado de Santa Catarina, integrando a região do litoral norte catarinense. Banhado pelo Oceano Atlântico, faz limite ao norte com Itajaí, ao sul com Itapema e ao oeste com o município de Camboriú. De acordo com Danielski e Pimenta (2011), Balneário Camboriú emancipou-se de Camboriú em 1964. Antes disso, era considerada uma área periférica e desvalorizada, vista como imprópria para a atividade agrícola, o que contribuía para sua marginalização dentro do território original. A Figura 2 apresenta a localização geográfica do município.

De acordo com o IBGE (2022), a população estimada de Balneário Camboriú em 2022 era de 139.155 habitantes, distribuídos em uma área de 45,214 km<sup>2</sup>. Essa configuração territorial resulta em uma alta densidade demográfica de aproximadamente 3.077,70 habitantes por km<sup>2</sup>. Vale destacar que o município é classificado como totalmente urbano, ou seja, todo o seu território está inserido no perímetro urbano, sem delimitação de áreas rurais.

Figura 2 - Mapa de localização do município de Balneário Camboriú-SC em relação ao estado de Santa Catarina e à América do Sul



Fontes: Wollmann *et al.* (2021).

Segundo a classificação climática de Köppen (1931), complementada por Alvares *et al.* (2013), o estado de Santa Catarina apresenta dois tipos principais de clima: Cfa e Cfb, ambos pertencentes ao grupo dos climas temperados (C), caracterizados por serem úmidos ao longo do ano (f), sem estação seca definida. A variação entre eles ocorre principalmente em função da temperatura: o clima Cfa possui verões quentes, com temperatura média do mês mais quente superior a 22,0°C, e invernos com médias entre -3,0°C e 18,0°C. Já o clima Cfb apresenta verões amenos, com temperatura média inferior a 22,0°C no mês mais quente, embora nos quatro meses mais quentes as médias superem 10,0°C (Pandolfo *et al.*, 2002).

## MATERIAL E MÉTODOS

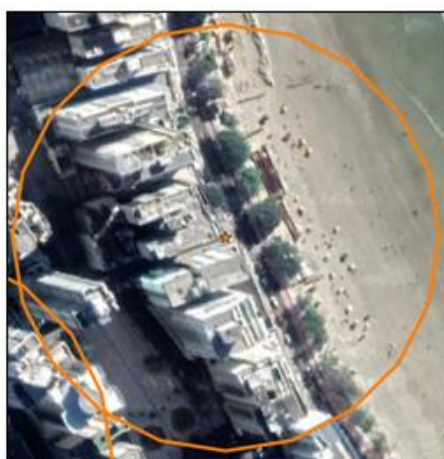
A primeira etapa consistiu na identificação de quatro ambientes térmicos distintos em Balneário Camboriú, considerando as variações morfológicas do tecido urbano, que influenciam diretamente o microclima local. Essa classificação busca compreender como a configuração urbana impacta o conforto térmico dos pedestres, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de planejamento urbano mais sustentáveis. A Figura 3 apresenta as características de cada ambiente térmico escolhido, bem como a cobertura e o uso do solo correspondentes.

Os locais de mensuração permitem a análise do Conforto Térmico Humano em diferentes ambientes térmicos da cidade: Ponto 1 – Orla da praia Central: localizado nas proximidades da orla da praia central, área de intenso fluxo de pedestres e veículos, marcada por edificações verticalizadas que limitam a incidência solar sobre calçadas e a faixa litorânea em determinados períodos do dia; Ponto 4 – Emasa: situado em uma região central altamente verticalizada e sombreadas, com ruas estreitas que formam um típico cânion urbano; Ponto 3 – Jornal Página 3: localizado em um bairro residencial predominantemente horizontal, com edificações de pequeno porte, em sua maioria de dois pavimentos,

mas com tráfego veicular intenso; e Ponto 2 – Praia das Taquaras: situado fora da centralidade urbana, com baixa densidade construtiva e presença significativa de vegetação arborizada.

Figura 3 - Localização e aspectos do uso e cobertura do solo nos pontos de coleta e entrevistas sobre conforto térmico humano em Balneário Camboriú





**Nome:** Ponto 1 (Orla)  
**Latitude:** -26°59'7.607"S  
**Longitude:** -48°38'0.472"O  
**Altitude:** 9 metros  
**Descrição da Área:** Localizado na orla praiana próximo a uma avenida com grande tráfego de carros e também intenso de pessoas, que circulam próximo a orla. Grande concentração de edifícios com mais de 10 andares e pouca presença de vegetação



**Nome:** Ponto 4 (Emasa)  
**Latitude:** -26°59'11.326"S  
**Longitude:** -48°38'5.685"O  
**Altitude:** 13 metros  
**Descrição da Área:** Localizado próximo a uma das principais avenidas da cidade, possui intenso tráfego de pessoas e automóveis. Grande expressividade de densidade e verticalização de edifícios com mais de 40 pavimentos. Sem presença de vegetação.



**Nome:** Ponto 3 (Página 3)  
**Latitude:** -26°59'57.706"S  
**Longitude:** -48°38'15.007"O  
**Altitude:** 5 metros  
**Descrição da Área:** Localizado em um bairro residencial, com padrão mais horizontal de edifícios que possuem em média 1 a 2 pavimentos. O tráfego de automóveis e pessoas é grande devido a presença de uma avenida e pela presença de comércio geral na área. Área possui pouca presença de áreas verdes.



**Nome:** Ponto 2 (Praia Taquaras)  
**Latitude:** 27° 0'32.60"S  
**Longitude:** 48°36'16.53"O  
**Altitude:** 3 metros  
**Descrição da Área:** Localizado em uma praia afastada do contexto urbano, presença de poucas edificações ao entorno com 1 a 2 pavimentos. O tráfego de carros e pessoas é variável, sendo que no verão é mais intenso. A presença de vegetação é marcante.

Fontes: Adaptado de Hoppe (2021).

Em cada ponto de coleta foi aplicada a metodologia do *Sky View Factor* (SVF), amplamente utilizada em estudos de caracterização da morfologia urbana, com o objetivo de definir as áreas a serem investigadas. Essa técnica tem sido empregada em diversas pesquisas, como as de Bourbia e Awbi (2004); Lin, Matzarakis e Hwang (2010); Charalampopoulos *et al.* (2013); Yang, Qian e Lau (2013); e Yan *et al.* (2014).

A metodologia do SVF consiste na obtenção de imagens do céu a partir da perspectiva do nível do solo. Para isso, foi utilizado um smartphone Apple iPhone 11 Pro Max, equipado de fábrica com uma

câmera de 12 MP. No aparelho, acoplou-se uma lente olho de peixe com ângulo de abertura de 238°. As imagens capturadas foram posteriormente processadas no *software* RayMan PRO® (Matzarakis, Rutz e Mayer, 2010; Lin; Matzarakis; Hwang, 2010).

Para a coleta de dados meteorológicos, foi instalada uma Estação Meteorológica Automática (EMA), modelo iMetos 3.3, que permitiu a obtenção de dados de precipitação, velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar e radiação solar global. Além disso, foram utilizados *dataloggers* modelo HT-500 (*Instrutherm*), alocados em abrigos, para a medição automática da temperatura e da umidade do ar.

A Temperatura Média Radiante (TMR) foi obtida por meio de um termômetro de globo cinza, composto por uma esfera de latão pintada na cor cinza, dentro da qual foi inserido um *datalogger* da marca Minipa, responsável pelo registro das medições. Cada instrumento meteorológico foi instalado na altura do pedestre, dentro de cada ambiente térmico definido. A Figura 4 apresenta os instrumentos utilizados na composição dos dados meteorológicos usados nos cálculos dos índices térmicos.

Figura 4 - [1] Estação Meteorológica Automática das Metos Brasil modelo iMETOS 3.3 - [2] Datalogger modelo HT 500 Instrutherm (A); Abrigo meteorológico de baixo custo em polipropileno: confecção (B); instalado para coleta (C) Abrigo Meteorológico - [3] *Datalogger* modelo HT 500 Instrutherm (A); Abrigo meteorológico de baixo custo de Polipropileno: Confecção (B); instalado para coleta (C)



Fontes: Banco de dados Autores, 2025.

Os índices *Physiological Equivalent Temperature* (PET) e *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) foram selecionados para o cálculo e calibração das condições de conforto térmico na área urbana de Balneário Camboriú. O cálculo de cada índice utilizou as variáveis meteorológicas: temperatura do ar ( $T_a$ ), umidade relativa do ar (RH), velocidade do vento ( $V_a$ ) e temperatura radiante média ( $T_{mrt}$ ).

Ambos os índices são amplamente utilizados em pesquisas sobre conforto térmico humano em ambientes urbanos e espaços abertos, seja por meio de simulações numéricas, seja por meio de coletas de dados subjetivos, como questionários sobre preferência térmica. Segundo Potchter (2018), entre os mais de 165 índices existentes, o PET e o UTCI estão entre os mais aplicados para a avaliação do conforto térmico em espaços abertos. De acordo com Costa *et al.* (2024), esses dois índices também se destacam como os mais utilizados em estudos sobre conforto térmico urbano. O *software* RayMan Pro foi utilizado para o cálculo dos índices PET e UTCI, conforme a metodologia proposta por Matzarakis, Rutz e Mayer (2010), Lin, Matzarakis e Hwang (2010) e Matzarakis (2018).

O cálculo dos índices PET e UTCI foi realizado ao longo de dois dias consecutivos, no período das 9h às 19h, com dados coletados a cada 30 minutos. Esse processo foi aplicado simultaneamente nos quatro pontos de coleta previamente definidos. As medições ocorreram durante o verão, nos dias 12 e 13 de janeiro de 2022.

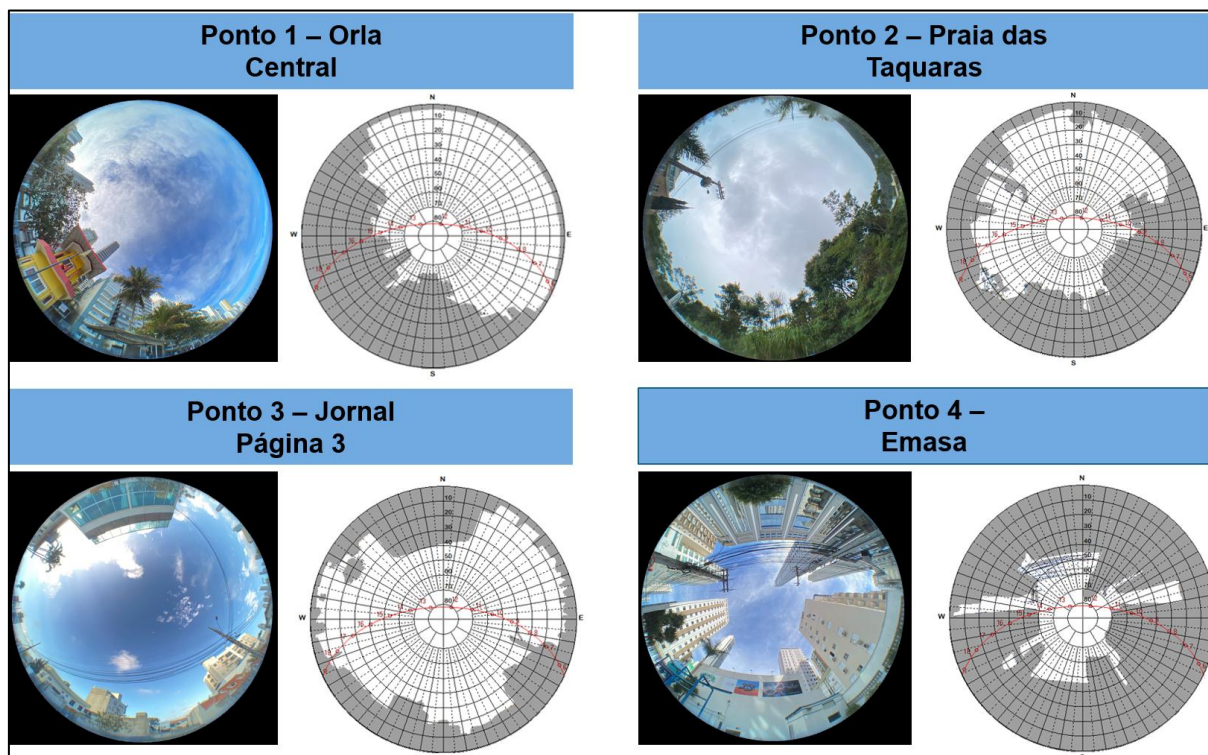
A adoção desse procedimento justifica-se pela distribuição observada nos dados brutos, na qual os extremos térmicos, representando sensações de calor intenso (+3) e frio intenso (-3), ocorrem com menor frequência em comparação aos níveis moderados. Essa assimetria compromete a representatividade dos dados e pode afetar negativamente o desempenho do modelo durante a calibração. Assim, uma das principais vantagens da reamostragem, considerada uma premissa fundamental desta análise, é a capacidade de equilibrar a frequência entre os sete níveis distintos de conforto térmico para cada índice.

O tratamento e a análise dos dados foram realizados utilizando a linguagem de programação Python 3, uma linguagem de propósito geral, multiplataforma e amplamente empregada na comunidade de aprendizado de máquina (Python, 2024).

## RESULTADOS

O primeiro resultado refere-se à identificação do SVF nos ambientes selecionados para a mensuração do conforto térmico. Cada ponto analisado representa um ambiente térmico distinto na cidade de Balneário Camboriú. O valor do SVF varia entre 0 e 1, sendo que 1 indica um ambiente completamente aberto, sem obstruções que provoquem sombreamento, enquanto 0 representa um local sem visibilidade mínima do céu (Oke, 1988; Chapman; Thornes, 2004). Nesse contexto, a Figura 5 apresenta o SVF calculado para cada ponto de coleta de dados, acompanhado da modelagem da trajetória solar correspondente à estação do verão.

Figura 5 - Fator de Visão do Céu – SVF para cada ponto de pesquisa, com a trajetória solar ao nível do solo na estação do ano



Fontes: Elaboração Autor (2025).

Segundo Jamei *et al.* (2016), em áreas urbanas o SVF tende a ser sempre inferior a 1, devido à presença de elementos construídos que compõem a geometria urbana e interferem na visibilidade do céu. A Tabela 1 apresenta os valores calculados e simulados do SVF para cada ponto de coleta de dados, além da porcentagem de obstrução do horizonte, considerando a superfície do solo onde ocorre o deslocamento dos pedestres nas vias urbanas.

Tabela 1 - Sky View Factor (SVF) e porcentagem de limitação do horizonte a partir do solo

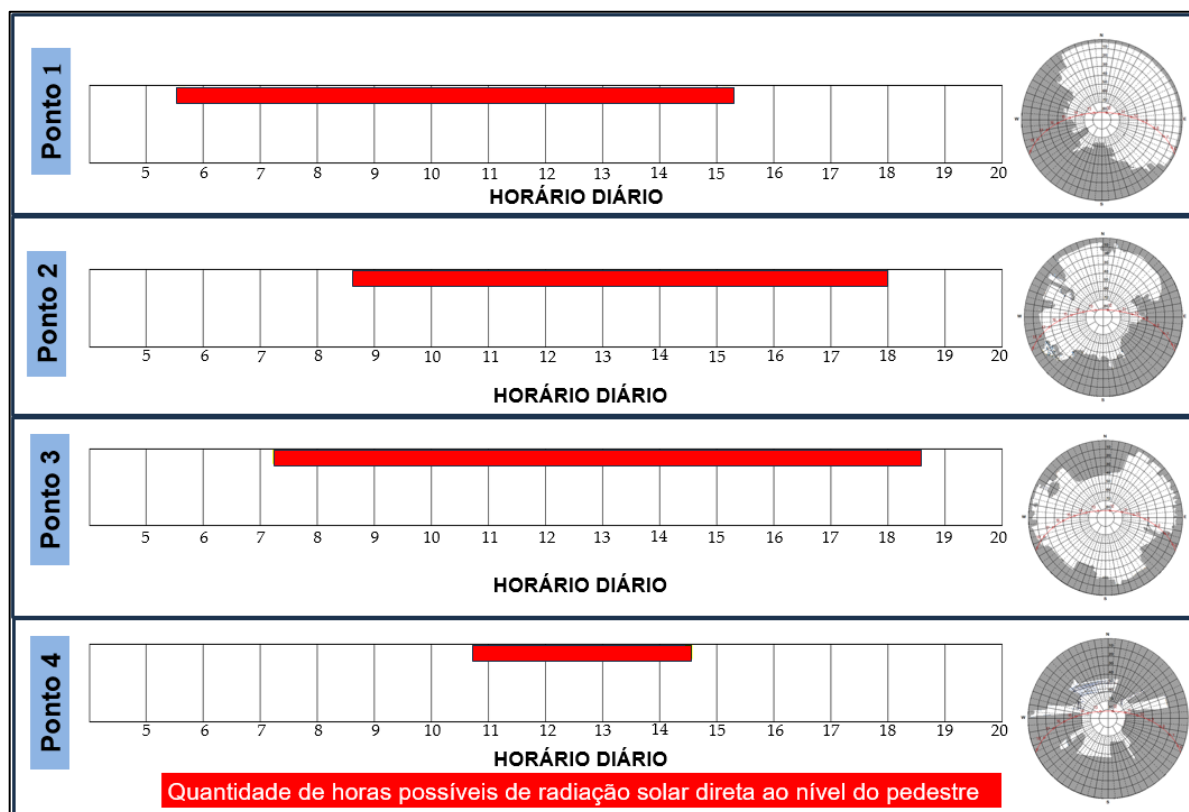
Ponto de Coleta	Sky View Factor (SVF)	Limitação de horizonte
Ponto 1 – Orla Central	0,56	43,20%
Ponto 2 – Praia das Taquaras	0,51	48,30%
Ponto 3 – Jornal Página 3	0,67	32,60%
Ponto 4 – Emasa	0,21	78,90%

Fontes: Elaborado pelo Autores (2025).

Nesse contexto, dentro da área urbana de Balneário Camboriú, o Ponto 4 é caracterizado pela maior concentração de edificações consolidadas, configurando a geometria urbana mais densa entre os locais analisados. O Ponto 1 também apresenta alto grau de obstrução, pois está cercado pelo paredão de edifícios que margeia a orla. Em contrapartida, o Ponto 3 destaca-se como o local com maior abertura para a incidência solar dentro do ambiente urbano. Já o Ponto 2, localizado na Praia das Taquaras, situa-se em uma área afastada do centro urbano, e seus obstáculos simulados referem-se principalmente à vegetação nativa, por se tratar de uma região menos urbanizada.

Nessa perspectiva, a Figura 6 foi elaborada com base nas simulações dos ambientes térmicos realizadas por meio do *software* RayMan Pro, apresentando, de forma resumida, a quantidade de horas em que a radiação solar pode incidir ao nível do pedestre, considerando os obstáculos impostos pela morfologia urbana ao longo da trajetória solar nos diferentes pontos analisados durante a estação do verão.

Figura 6 - Período de acesso solar ao nível do pedestre no verão, em cada ponto de coleta de dados e entrevistas



Fontes: Elaborado pelo Autores (2025).

Na estação do verão, a quantidade de radiação solar incidente ao nível do pedestre variou entre os ambientes térmicos analisados. Os dados indicam a quantidade de horas de radiação solar direta em cada ambiente térmico: Ponto 1 – Orla da Praia Central: 9 h e 35 min; Ponto 2 – Praia das Taquaras: 9 h e 20 min; Ponto 3 – Jornal Página 3: 11 h e 10 min; Ponto 4 – Emasa: 4 h e 40 min. Essa variação está diretamente relacionada à morfologia urbana de cada local. Os ambientes com menores valores de SVF, ou seja, com maior obstrução da visão do céu, apresentaram também menor duração de radiação solar direta ao nível do solo. Na Tabela 2 são apresentadas as faixas interpretativas para os índices PET e UTCI, pelo corte por acurácia, com dados reamostrados por *Bootstrap*.

Tabela 2 - Pontos de cortes para as classes calibradas dos índices PET e UTCI

Faixas de calibração	Índice PET calibrado para Balneário Camboriú	Índice UTCI calibrado para Balneário Camboriú
Muito Frio	<6,00	<12,50
Frio	6,0 a 15,79	12,50 a 20,4
Um pouco de frio	15,79 a 18,93	20,40 a 22,59
Nem frio e nem calor	18,93 a 28,11	22,59 a 28,81
Um pouco de calor	28,11 a 33,45	28,81 a 32,87
Calor	33,45 a 34,80	32,87 a 33,44
Muito calor	34,80 a 46,52= > 34,80	33,44 a 42,72= > 33,44





Fontes: Elaborado pelo Autores (2025).

Na Tabela 3 são apresentados os índices PET e UTCI, calibrados para a condição horária de Balneário Camboriú, com análise de cada ambiente térmico durante a estação do verão.

Tabela 3 - Índices PET e UTCI calibrados para Balneário Camboriú – análise por ambiente térmico na estação do verão

Horário	Verão – PET				Horário	Verão – UTCI			
	P1 – Orla da Praia Central	P2 – Praia das Taquaras	P3 – Jornal Página 3	P4 – Emasa		P1 – Orla da Praia Central	P2 – Praia das Taquaras	P3 – Jornal Página 3	P4 – Emasa
09:00	32,00	27,90	44,30	40,15	09:00	32,45	29,35	41,30	36,70
09:30	30,90	28,95	42,25	36,30	09:30	31,35	30,15	40,80	34,45
10:00	31,45	29,65	43,00	37,90	10:00	31,15	30,35	40,65	35,20
10:30	31,75	31,50	42,20	36,95	10:30	31,05	31,35	38,65	34,30
11:00	29,50	28,80	37,60	33,40	11:00	29,75	29,35	36,10	32,60
11:30	28,00	29,60	37,10	33,50	11:30	29,20	30,05	35,65	32,65
12:00	27,20	28,60	34,05	30,35	12:00	28,85	29,60	33,35	30,45

12:30	26,00	26,05	34,10	31,20	12:30	27,85	28,10	33,85	31,50
13:00	27,20	26,90	32,45	30,40	13:00	28,70	28,55	32,55	30,80
13:30	28,80	27,25	37,35	33,50	13:30	29,60	28,60	36,05	32,75
14:00	28,20	29,50	38,35	34,10	14:00	29,75	29,75	37,15	33,05
14:30	28,55	29,40	39,00	34,60	14:30	30,10	29,65	36,90	33,00
15:00	28,05	30,95	41,50	35,25	15:00	29,50	30,70	38,15	33,05
15:30	25,55	30,95	38,10	33,15	15:30	28,20	30,95	35,70	31,95
16:00	21,95	27,25	32,35	28,40	16:00	26,00	29,15	31,85	29,05
16:30	19,50	22,85	29,90	25,60	16:30	24,45	26,30	30,80	27,60
17:00	17,95	23,65	27,90	24,65	17:00	23,20	25,15	30,20	27,70
17:30	15,85	17,85	23,25	20,65	17:30	21,20	22,90	27,25	25,15
18:00	14,60	18,00	21,45	19,55	18:00	20,05	23,05	26,35	24,45
18:30	15,30	16,40	19,85	19,25	18:30	20,40	21,80	25,35	24,70

				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Faixas de calibração</th> <th>PET (°C)</th> <th>UTCI (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muito Frio</td> <td>&lt;6,00</td> <td>&lt;12,50</td> </tr> <tr> <td>Frio</td> <td>6,0 a 15,79</td> <td>12,50 a 20,4</td> </tr> <tr> <td>Um pouco de frio</td> <td>15,79 a 18,93</td> <td>20,40 a 22,59</td> </tr> <tr> <td>Nem frio e nem calor</td> <td>18,93 a 28,11</td> <td>22,59 a 28,81</td> </tr> <tr> <td>Um pouco de calor</td> <td>28,11 a 33,45</td> <td>28,81 a 32,87</td> </tr> <tr> <td>Calor</td> <td>33,45 a 34,80</td> <td>32,87 a 33,44</td> </tr> <tr> <td>Muito calor</td> <td>&gt; 34,80</td> <td>&gt; 33,44</td> </tr> </tbody> </table>	Faixas de calibração	PET (°C)	UTCI (°C)	Muito Frio	<6,00	<12,50	Frio	6,0 a 15,79	12,50 a 20,4	Um pouco de frio	15,79 a 18,93	20,40 a 22,59	Nem frio e nem calor	18,93 a 28,11	22,59 a 28,81	Um pouco de calor	28,11 a 33,45	28,81 a 32,87	Calor	33,45 a 34,80	32,87 a 33,44	Muito calor	> 34,80	> 33,44
Faixas de calibração	PET (°C)	UTCI (°C)																										
Muito Frio	<6,00	<12,50																										
Frio	6,0 a 15,79	12,50 a 20,4																										
Um pouco de frio	15,79 a 18,93	20,40 a 22,59																										
Nem frio e nem calor	18,93 a 28,11	22,59 a 28,81																										
Um pouco de calor	28,11 a 33,45	28,81 a 32,87																										
Calor	33,45 a 34,80	32,87 a 33,44																										
Muito calor	> 34,80	> 33,44																										
P1 – Orla Central	P2 – Praia das Taquaras	P3 – Jornal Página 3	P4 – Emasa																									

Fontes: Elaborado pelo Autores (2025).

Com o objetivo de sintetizar os resultados referentes à estação do verão, foi realizado o agrupamento das faixas térmicas por horário, somando-se as repetições observadas em cada categoria de ambos os índices. As condições foram agrupadas em três classes principais: desconforto térmico por frio (incluindo as faixas “Muito Frio”, “Frio” e “Ligeiramente Frio”), neutralidade térmica (faixa “Nem Frio e Nem Calor”) e desconforto térmico por calor (incluindo as faixas “Ligeiramente Quente”, “Quente” e “Muito Quente”). A Tabela 4 apresenta as porcentagens correspondentes para cada ambiente térmico, considerando os limiares de desconforto por frio, neutralidade e desconforto por calor durante a estação do verão.

Tabela 4 - Porcentagem de faixas de desconforto (Frio, Neutralidade Térmica e Calor), em cada ambiente térmico de Balneário Camboriú na estação do verão

Faixas calibradas	PET (°C)			
	Ponto 1 – Praia da orla central	Ponto 2 – Praia das Taquaras	Ponto 3 – Jornal Página 3	Ponto 4 – Emasa
DESCONFORTO PELO FRIO (Muito Frio; Frio; Ligeiramente Frio)	20,00%	15,00%	0,00%	0,00%
NEUTRALIDADE TÉRMICA (Nem Frio nem Quente)	40,00%	35,00%	20,00%	25,00%
DESCONFORTO PELO CALOR (Ligeiramente Quente; Quente; Muito Quente)	40,00%	50,00%	80,00%	75,00%

<b>Total</b>	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
<b>Faixas calibradas</b>	<b>UTCI (°C)</b>			
	<b>Ponto 1 – Praia da orla central</b>	<b>Ponto 2 – Praia das Taquaras</b>	<b>Ponto3 – Jornal Página 3</b>	<b>Ponto 4 – Emasa</b>
DESCONFORTO PELO FRIO (Muito Frio; Frio; Ligeiramente Frio)	15,00%	5,00%	0,00%	0,00%
NEUTRALIDADE TÉRMICA (Nem Frio nem Quente)	30,00%	35,00%	15,00%	25,00%
DESCONFORTO PELO CALOR (Ligeiramente Quente; Quente; Muito Quente)	55,00%	60,00%	85,00%	75,00%
<b>Total</b>	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fontes: Elaborado pelo Autores (2025).

Considerando que os Pontos 1, 3 e 4 estão localizados em áreas urbanas, torna-se pertinente compará-los e analisá-los em conjunto. No período do verão, observa-se que o ponto 3 apresenta os maiores níveis de desconforto térmico por calor, o que está diretamente relacionado à sua elevada exposição à radiação solar, evidenciada pelo alto valor do SVF. Esse fator contribui para a predominância de condições térmicas classificadas como "muito calor", em número significativamente superior de horas nas faixas de desconforto para calor. Corroborando essa relação, Deevi e Chundeli (2020), ao analisarem o conforto térmico na cidade de Vijayawada, Índia, constataram que valores mais elevados de SVF estão associados a uma maior incidência de radiação solar direta. Essa condição intensifica o desconforto térmico tanto no verão quanto no inverno, evidenciando a relevância do SVF como indicador de exposição térmica em ambientes urbanos.

Na cidade do Rio de Janeiro, Krüger, Drach e Broede (2017) investigaram o conforto térmico de pedestres em áreas abertas durante as estações da primavera e do verão, utilizando os índices PET e UTCI em diferentes configurações morfológicas urbanas, classificadas de acordo com os valores do SVF em baixos, médios e altos. Os resultados indicaram a ocorrência de estresse térmico moderado para ambos os índices, com percepções térmicas mais quentes nos locais com "SVF alto" (espaços urbanos mais abertos) em comparação com aqueles com "SVF baixo" (cânions urbanos). Adicionalmente, apenas para o índice UTCI, foram observadas sensações de maior desconforto térmico em ambientes com "SVF alto" quando comparados aos de "SVF médio", evidenciando a influência significativa da morfologia urbana no conforto térmico dos pedestres. Resultados análogos foram relatados por Krüger, Minella e Rasia (2011) em Curitiba, em que maiores valores de SVF correlacionaram-se a maior desconforto térmico estimado pelo PET.

Os Pontos 1 e 4 encontram-se em relativa proximidade espacial, sendo separados por uma distância máxima de aproximadamente 200 metros. O Ponto 1 está localizado na orla central, diretamente exposto à influência marítima, embora rodeado por um denso conjunto de edificações verticais que compõem um contínuo "paredão" urbano ao longo da orla. Já o Ponto 4 está cerca de 200 metros dentro do tecido urbano, caracterizando-se como um desfiladeiro urbano expressivo, delimitado por edificações altas, que intensificam o confinamento espacial e limitam a ventilação natural.

Ao comparar os dois pontos, observa-se que o ponto 4, apesar de caracterizar-se como um desfiladeiro urbano e apresentar a menor quantidade de horas de radiação solar direta ao nível do pedestre, registra faixas de maior desconforto térmico para ambos os índices analisados ao longo de todo o período diurno. Tal resultado pode ser atribuído à condição de "blindagem" promovida pelo arranjo urbano ao redor do ponto, uma vez que este se encontra cercado por edificações de grande porte situadas ao longo da orla. Em relação a esse processo Jang *et al.* (2024) destacam que, em áreas litorâneas, esse fenômeno pode ser parcialmente explicado pela maior velocidade dos ventos nas regiões próximas à orla, favorecendo a ventilação e o resfriamento natural, como o Ponto 1. Contudo, em setores urbanos densamente edificados, como é o caso do ponto 4, a presença de estruturas prediais verticais e horizontais com alturas que facilmente ultrapassam 120 metros atua como uma barreira física à circulação das brisas marinhas e da ventilação natural. Esse processo é amplamente reconhecido na literatura como "efeito parede", conforme descrito por Wong, Nichol e Ng (2011), o qual contribui

significativamente para a redução da ventilação natural e, conseqüentemente, para a intensificação do desconforto térmico em áreas urbanas densamente construídas.

Krüger, Minella e Rasia (2011) alertam que, em regiões subtropicais, a velocidade mais elevada do vento podem causar desconforto térmico aos pedestres durante o inverno. Esse comportamento também é observado no verão na área de estudo, especialmente no Ponto 2, que apresenta uma maior quantidade de horas de radiação solar direta ao nível do pedestre, assim como o Ponto 3 (na área urbana). Apesar disso, o Ponto 2 registra menores níveis de desconforto térmico por calor, chegando inclusive a apresentar sensações de "um pouco de frio" no final da tarde. Esse fenômeno pode estar associado à maior ventilação proporcionada pela brisa marítima e pela localização mais afastada do núcleo urbano.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidencia que a verticalização de Balneário Camboriú, situada em um contexto subtropical e litorâneo do Hemisfério Sul, gera ambientes térmicos únicos e especialmente relevantes para uma cidade cujo principal atrativo é o turismo, intensificado durante o verão. Compreender esses ambientes térmicos é fundamental para analisar de que forma a morfologia urbana influencia o conforto térmico da população em cenários urbanos tão singulares.

A metodologia SVF mostrou-se eficaz para avaliar o conforto térmico humano em ambientes urbanos caracterizados por alta verticalização e intensa urbanização. O estudo demonstrou que o acesso à radiação solar ao nível do pedestre pode ser tanto favorecido quanto prejudicado na estação do verão, dependendo da morfologia urbana local e do horário do dia.

Tanto o índice PET quanto o UTCI são sensíveis à incidência de radiação solar direta. Durante o verão, áreas mais sombreadas, como o Ponto 4, que apresentou menor valor de SVF, ofereceram maior proteção contra o sol, mas não necessariamente proporcionaram maior conforto térmico. Isso ocorreu devido ao chamado "efeito parede", que reduziu significativamente a ventilação natural no local. Por outro lado, áreas com SVF mais elevado apresentaram maior desconforto térmico relacionado ao calor. Entretanto, ambientes com altos valores de SVF localizados próximos à orla, como os Pontos 1 e 2, apresentaram faixas de conforto atenuadas, possivelmente devido à maior ventilação promovida pela brisa marítima. Esse fator compensou, em parte, a alta exposição solar, contribuindo para um ambiente térmico mais confortável.

As descobertas desta pesquisa são relevantes para subsidiar gestores de planejamento urbano na formulação de estratégias voltadas à mitigação das condições ambientais, especialmente diante do contexto atual de mudanças climáticas. Recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação da análise das condições térmicas também nas demais estações do ano, a fim de fornecer uma compreensão mais abrangente do conforto térmico urbano.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil, pelo apoio por meio da bolsa de Produtividade em Pesquisa (processos nº 309222/2023-0). Este estudo também foi financiado parcialmente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ANSI - American National Standards Institute. ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE 55-1992**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1992.

BANCO MUNDIAL. **Cities are the hub of the global green recovery**. Washington, DC: Banco Mundial, 2021. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/cities-are-hub-global-green-recovery>. Acesso em: 14 set. 2025.

- BEUTING, A.; MARTINS, B. C. V. Evolução histórica da verticalização de Balneário Camboriú: Orla da Praia e área central da cidade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO, 8., 2016, Barcelona - Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2016. <https://doi.org/10.5821/siiu.6258>.
- BOURBIA, F.; AWBI, H. B. Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements. **Renewable Energy**, v. 29, n. 2, p. 249–262, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00170-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00170-8).
- CHAPMAN, L.; THORNES, J. E. Real-time sky-view factor calculation and approximation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 21, n. 5, p. 730–741, 2004. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2004\)021%3C0730:RSFCAA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2004)021%3C0730:RSFCAA%3E2.0.CO;2).
- CHARALAMPOPOULOS, I. et al. Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 2, p. 217–233, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0252-5>.
- COSTA, I. T. et al. A systematic review on human thermal comfort and methodologies for evaluating urban morphology in outdoor spaces. **Climate**, v. 12, n. 3, p. 30, 2024. <https://doi.org/10.3390/cli12030030>.
- DANIELSKI, M.; PIMENTA, M. D. C. A. Padrão arquitetônico e representação social na paisagem da beira-mar de Balneário Camboriú/SC. **Geosul**, v. 26, n. 51, p. 89–108, 2011.
- DEEVI, B.; CHUNDELI, F. A. Quantitative outdoor thermal comfort assessment of street: A case in a warm and humid climate of India. **Urban Climate**, v. 34, 100718, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100718>.
- DEVITTE, A.; SOUZA, C. A. B. D.; RADATZ, L. M. N. A construção da centralidade urbana de Balneário Camboriú-SC. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO, 10., 2018, Barcelona-Córdoba. Anais... Barcelona: Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori, Universitat Politècnica de Catalunya, 2018. <https://doi.org/10.5821/siiu.9144>.
- HOPPE, I. L. **O campo termo-higrométrico de Balneário Camboriú/SC, na perspectiva das zonas climáticas locais (LCZ)**. 2021. Qualificação (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021
- HUANG, K. T.; LI, Y. J. Impact of street canyon typology on building's peak cooling energy demand: A parametric analysis using orthogonal experiment. **Energy and Buildings**, v. 154, p. 448–464, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.054>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022 <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/balneario-camboriu.html>.
- JAMEI, E. et al. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1002–1017, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>.
- JANG, J. et al. Thermal comfort study of urban waterfront spaces in cold regions: waterfront skyline control based on thermal comfort objectives. **Building and Environment**, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111515>.
- KÖPPEN, W. P. **Grundriss der Klimakunde**. 2. ed. Berlin: W. de Gruyter, 1931
- KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, v. 46, n. 3, p. 621–634, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.09.006>.
- KRÜGER, E.; DRACH, P.; BROEDE, P. Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. *International Journal of Biometeorology*, v. 61, p. 463–475, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1226-8>.
- LAMBERTS, R. et al. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2011.
- LIN, T. P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R. L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 213–221, 2010.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 2, p. 131–139, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>.

MATZARAKIS, A. **RayMan Pro**: A tool for applied climatology. 2018. Disponível em: <https://www.urbanclimate.net/rayman>. Acesso em: 12 jan. 2020.

OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**, v. 11, n. 1–3, p. 103–113, 1988. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6).

ONU - Organização das Nações Unidas. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision – Highlights**. New York: United Nations, 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/climatologia/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

POTCHTER, O. et al. Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. **Science of the Total Environment**, v. 631, p. 390–406, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python 3**: Python documentation. Versão 3.x, 2024. Disponível em: <https://docs.python.org/3>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SIQUEIRA, M. T.; SCHLEDER, C. S. Operações Urbanas Consorciadas em Balneário Camboriú: o desvirtuamento do solo criado. **Cadernos Metrôpole**, v. 23, p. 787–808, 2021. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2021-5115>.

SZÚCS, Á. Wind comfort in a public urban space—case study within Dublin Docklands. **Frontiers of Architectural Research**, v. 2, n. 1, p. 50–66, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.12.002>.

WOLLMANN, C. A. et al. Balneário Camboriú: The “Brazilian Dubai” – and the greatest verticalization process in the southern hemisphere. **International Association for Urban Climate – IAUC**, n. 78, p. 15–17, 2020.

WOLLMANN, C. A. et al. Thermo-hygrometric variability on waterfronts in negative radiation balance: A case study of Balneário Camboriú/SC, Brazil. *Atmosphere*, [S. l.], v. 12, n. 11, p. 1453, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12111453>.

WONG, M. S.; NICHOL, J.; NG, E. A study of the “wall effect” caused by proliferation of high-rise buildings using GIS techniques. **Landscape and Urban Planning**, v. 102, n. 4, p. 245–253, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.05.003>.

YAN, H. et al. Assessing the effects of landscape design parameters on intra-urban air temperature variability: The case of Beijing, China. **Building and Environment**, v. 76, p. 44–53, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.007>.

YANG, F.; QIAN, F.; LAU, S. S. Urban form and density as indicators for summertime outdoor ventilation potential: A case study on high-rise housing in Shanghai. **Building and Environment**, v. 70, p. 122–137, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.019>.

---

Recebido em: 04/08/2025

Aceito para publicação em: 09/10/2025