

# O impacto ambiental do espaço construído: relações entre a morfologia arquitetônico-urbana e o desempenho ambiental<sup>(1)</sup>.

Beatriz Francalacci da Silva<sup>(2)</sup>; Thiago Escandiel Ferreira Farias<sup>(3)</sup>; Marcelo Silveira Bastos<sup>(4)</sup>

## Resumo Expandido

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital 12/ 2012, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação.

<sup>(2)</sup> Professora do Departamento Acadêmico de Construção Civil; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Florianópolis, SC; beatriz.silva@ifsc.edu.br; <sup>(3)</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; <sup>(4)</sup> Estudante do Curso Técnico de Meteorologia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

**RESUMO:** Esta pesquisa avalia o desempenho ambiental de duas vias de configurações distintas do centro urbano de Florianópolis. Os parâmetros para a análise ambiental estão relacionados com a insolação e temperatura intraurbana na escala do pedestre, durante o verão. O clima predominante da cidade é o subtropical úmido, caracterizado por quatro estações bem definidas. Para a análise, foram utilizados os métodos: exploratório (investigação bibliográfica, documental e infográfica), indutivo experimental (levantamento em campo de variáveis microclimáticas) e simulação computacional. A investigação verifica quais impactos ambientais estão associados com a morfologia arquitetônico-urbana determinada pelos instrumentos regulatórios. Tais impactos incluem, por exemplo, o aumento das temperaturas. Os resultados mostram que algumas variáveis da morfologia da cidade influenciam no desempenho ambiental, como os tipos e as propriedades térmicas dos materiais de construção, a altura e a densidade das construções. Conclui-se que é possível melhorar o desempenho e a qualidade ambiental urbana a partir da inserção desse tipo de estudo na legislação específica.

**Palavra Chave:** clima subtropical úmido, microclima, forma urbana, Florianópolis

## INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais relacionados ao espaço construído são temas de pesquisas frequentes. Questões como a degradação ambiental resultante do crescimento das cidades, assim como as possíveis alternativas para melhor compreensão dos seus impactos, vem sendo estudadas por profissionais de áreas diversas e sob diferentes enfoques. Em alguns trabalhos, os autores buscam instituir, desenvolver e comprovar a eficácia de indicadores urbanos e ambientais para aplicação prática (AMORIM, UGEDA JUNIOR, 2009; COUTO, 2007; FAGUNDES, 2002; ROMERO *et al.*, 2004), enquanto outras pesquisas se dedicam em estudar e comparar indicadores resultantes de investigações precedentes ou de cunho teórico como, por exemplo, a Pegada Ecológica (HURLEY *et al.*, 2007).

Poucas bibliografias abordam aspectos arquitetônicos/ urbanos e sua relação com indicadores de dimensões diversas (ambiental, econômica e social), dentre as quais destacamos as contribuições de Escaria (2008); Inouye e Souza (2011); Krafta e Netto (2009); Mascaró (2009); Newman (2006); Ng (ed.) (2010) e Silva (2008). Essas investigações estabelecem avaliações sobre os impactos da forma arquitetônica no desempenho urbano. No Brasil, existem mais estudos sobre o impacto ambiental gerado pelas edificações que constituem produto do mercado imobiliário informal, como as favelas (HUBNER *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2004) do que estudos que analisam os impactos ambientais provenientes da arquitetura do mercado imobiliário formal. Tal constatação demonstra a necessidade de avaliar a relação da arquitetura com o ambiente

levando em consideração seus instrumentos regulatórios.

Esses instrumentos, como os planos diretores municipais e os códigos de edificações, definem a morfologia da maioria das cidades brasileiras (forma urbana e arquitetura). Sua aplicação estabelece, por exemplo, as dimensões das parcelas de solo urbano, a porcentagem de área construída, a altura das edificações e os afastamentos entre elas, o uso destinado aos objetos construídos, a densidade construída e populacional e os espaços verdes.

Morfologias distintas implicam em impactos ambientais específicos e em resultados diversos em termos de eficiência no uso de recursos e no conforto ambiental, segundo o contexto em que se inserem. O conjunto de edificações determinantes da forma urbana estabelece, ao seu entorno imediato, características compositivas e ambientais que definem sua ambiência e oferecem impactos diversos ao meio a partir de variáveis específicas. Essa pesquisa pretende verificar quais os potenciais impactos ambientais que um conjunto arquitetônico e urbano impõe ao seu entorno imediato.

## METODOLOGIA

Os métodos utilizados neste estudo foram: pesquisa bibliográfica, documental e infográfica; trabalhos de campo e simulação computacional. A pesquisa bibliográfica, documental e infográfica apresentou como objetivo fundamental e apoiar o desenvolvimento teórico da investigação. Os métodos computacionais e os trabalhos de campo permitiram analisar, verificar e simular os estudos de caso da pesquisa. Seus resultados foram

organizados segundo as seguintes etapas de trabalho: identificação e caracterização da área urbana estudada, caracterização do clima local e avaliação do desempenho ambiental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação e caracterização da área urbana

Florianópolis é a capital de Santa Catarina, localizada na porção Leste do Estado, nas coordenadas geográficas 27°35'48"S e 48°32'57"O. Possui população de 421.240 habitantes (IBGE, 2010) distribuídos em uma área territorial de 671.578 Km<sup>2</sup>. Situa-se em uma altitude média de 3 m e sua constituição física e ambiental se diferencia da maioria das cidades do Brasil pelo fato de que seu território se decompõe em duas estruturas principais: a região continental, a Oeste, e a ilha de Florianópolis, a Leste.

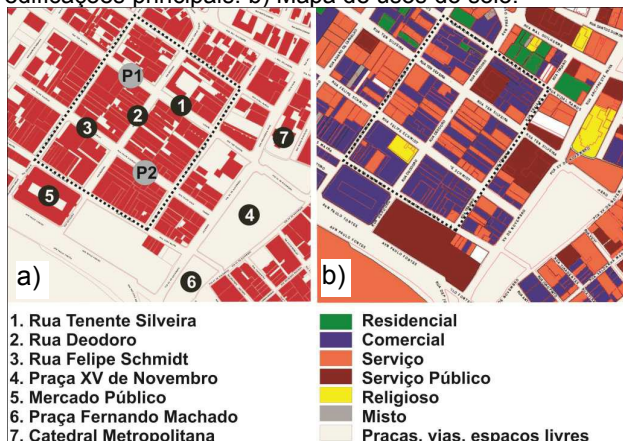
O centro urbano da porção insular constitui o recorte espacial desta pesquisa, compreendido por seis quarteirões com dimensões aproximadas de 80 x 80 m cada (Figura 1). A avaliação de desempenho ambiental desenvolvida nesta pesquisa abordou dois pontos de interesse: P1. Rua Tenente Silveira, com largura de 12 m, orientação Noroeste - Sudeste, de tráfego intenso de veículos/ pedestres e edificações de alto gabarito; e P2. Rua Felipe Schmidt, também com largura de 12 m e orientação Noroeste - Sudeste, de uso exclusivo peatonal e com edificações de baixo gabarito (Figura 2).

**Figura 1:** Localização do recorte espacial para a análise.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2012.

**Figura 2:** a) Mapa dos pontos de interesse, vias e edificações principais. b) Mapa de usos do solo.

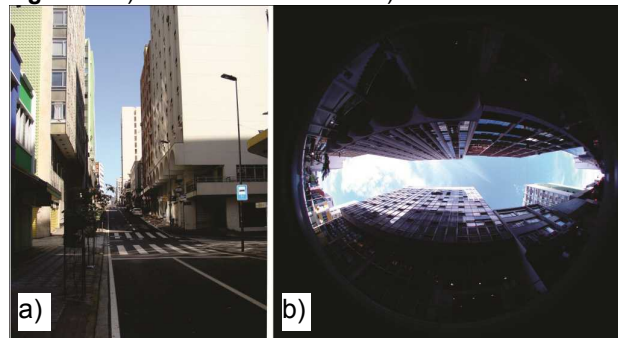


Fonte: Adaptado de PMF, Geoprocessamento corporativo, 2012.

A legislação urbana vigente é a Lei Complementar n. 001/97 (IPUF, 1997), que dispõe sobre o zoneamento, o uso e a ocupação do solo no Distrito Sede de Florianópolis. Atualmente está ainda em processo de aprovação na Câmara Municipal o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Florianópolis. O Anteprojeto de Lei desse plano caracteriza a área como um núcleo histórico-cultural ou de urbanidade consolidada, com concentração crescente de edificações e de usos urbanos diversificados, composta por áreas históricas e/ou áreas de uso misto na zona central dos núcleos urbanos. O zoneamento classifica a região como ZMC-A2 (Zona Mista Central de Alta Complexidade A2), permitindo edificações de até 12 pavimentos, com capacidade para 350 habitantes por hectare (IPUF, 2011). Os usos predominantes na área são o comercial e de serviços, sendo ainda adequados o uso residencial, religioso, misto e de lazer. Constituem edificações de referência no entorno o Mercado Público Municipal e a Catedral Metropolitana, assim como as praças XV de Novembro e Fernando Machado (Figura 2).

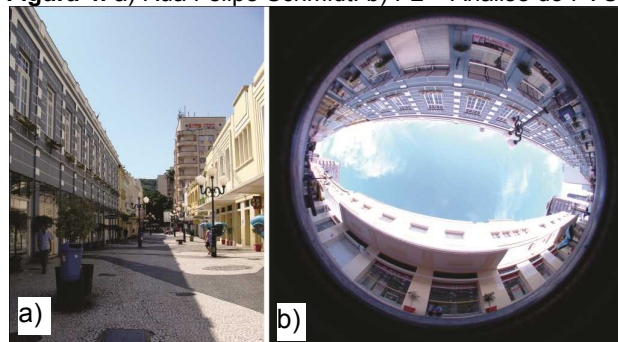
Para a análise dos dois pontos de interesse, foi adotado o parâmetro FVC (Fator de Visão do Céu), utilizado por Oke (2006) e diversos autores em avaliações de microclima urbano. O FVC representa a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste visível. Quanto maior a obstrução de determinado local, menor é a sua capacidade de dispersão da energia térmica. A técnica utiliza fotos com lente olho de peixe no nível do solo, e sua análise demonstra que a Rua Tenente Silveira possui uma obstrução de 87%, enquanto na Felipe Schmidt esse fator é de 71% (Figuras 3 e 4).

**Figura 3:** a) Rua Tenente Silveira b) P1 – Análise do FVC



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 4:** a) Rua Felipe Schmidt. b) P2 – Análise do FVC



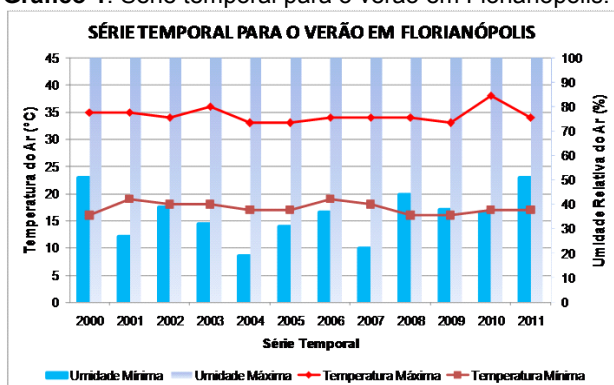
Fonte: Acervo pessoal.

## Caracterização do clima de Florianópolis

Florianópolis caracteriza-se pelo clima Subtropical Úmido, com temperaturas médias de 16 °C no inverno e 25 °C no verão. As normais climatológicas registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET no período de 1961 a 1990 indicam que as temperaturas médias máximas variam dos 20 °C no inverno aos 28 °C no verão, e as temperaturas médias mínimas chegam aos 13 °C no inverno e aos 21 °C no verão.

A estação verão constitui o recorte temporal deste trabalho. Para sua avaliação, foram utilizados os dados da Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz (Figura 1), considerada nesta pesquisa como representativa das áreas suburbanas, sendo utilizada como instrumento de comparação entre as condições naturais e os resultados de campo em meio intraurbano. As variáveis analisadas foram a temperatura do ar e a umidade relativa, a partir dos registros das máximas e mínimas absolutas durante os verões entre os anos 2000 e 2011 (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Série temporal para o verão em Florianópolis.



Fonte: Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz.

De acordo com o Gráfico 1, a temperatura máxima absoluta de verão no referido período está na casa dos 38 °C (2010), enquanto a mínima absoluta aproxima-se dos 16 °C (2000, 2008 e 2009). A média das temperaturas máximas e mínimas absolutas é de 34,4 e 17,3 °C, respectivamente. Quanto à umidade relativa do ar, percebe-se que os verões alcançam extremos significativos, chegando à mínima absoluta de 19% em 2004 e à máxima absoluta de 100% em todos os anos. Os dados apontam a média das mínimas absolutas de 35,7 %.

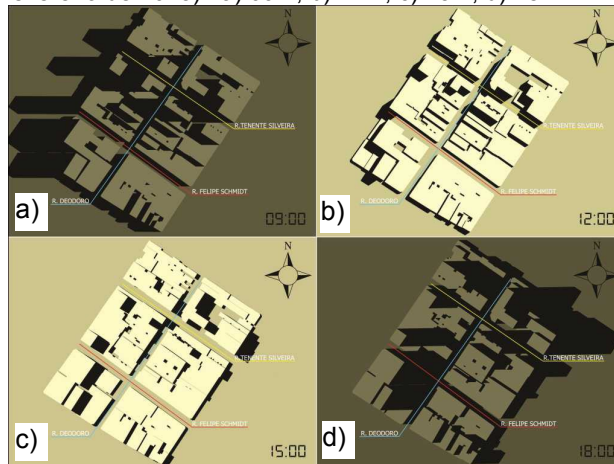
## Avaliação do desempenho ambiental

A avaliação do impacto ambiental da arquitetura existente durante a estação verão utilizou os seguintes procedimentos:

a) Medições *in loco* do microclima urbano (temperatura e umidade relativa do ar) em um dia representativo de verão (17 de fevereiro de 2013) e horas determinadas (09, 12, 15 e 18 h), em locais à sombra nos pontos de interesse. O método seguiu os critérios de medição de Monteiro (1990) e o aparelho de medição utilizado foi a estação meteorológica portátil Kestrel 4500 NV.

b) Simulação computacional da situação existente com o software Autocad, para avaliação do impacto do sombreamento da arquitetura, no mesmo dia e horário das medições *in loco* (Figura 5).

**Figura 5:** Análise do sombreamento no verão (dia 17 de fevereiro de 2013) : a) 09 h, b) 12 h, c) 15 h, d) 18 h.



Fonte: Acervo pessoal.

As medições *in loco* realizadas nos dois pontos de interesse indicam que, durante as manhãs de um dia típico de verão, as áreas em sombra da Rua Tenente Silveira, de alto gabarito, apresentam temperatura reduzida (26,5 °C) em relação à temperatura das áreas em sombra da Rua Felipe Schmidt, de baixo gabarito (27 °C). Já no período da tarde (18 h), as temperaturas são superiores na Rua Tenente Silveira, mas em números menos significativos. As medições intraurbanas em sombra obtidas *in loco* são similares às informações meteorológicas da estação Aeroporto Hercílio Luz, em área suburbana, o que sugere a necessidade de levantamento dos dados meteorológicos intraurbanos em locais expostos ao Sol, para uma análise comparativa.

Em avaliação às simulações computacionais, verifica-se um maior sombreamento na Rua Tenente Silveira devido às altas edificações e ao elevado índice de obstrução. Enquanto a Rua Felipe Schmidt recebe insolação direta das 09 h às 17 horas, totalizando em uma média de 8 horas diárias diretas de Sol, na Rua Tenente Silveira esse tempo é reduzido para um máximo de 3 horas diárias, o que explica as diferenças de temperaturas obtidas nas medições *in loco*, ainda que estas tenham sido realizadas à sombra em ambos os casos.

Portanto, pode-se afirmar que a configuração da Rua Tenente Silveira ameniza os efeitos extremos das temperaturas da estação verão durante parte do dia, devido ao sombreamento proporcionado pelas edificações. Além disso, o aumento das temperaturas nessa via a partir das 18h confirma a hipótese de outros estudos que afirmam a predominância das ilhas de calor urbanas no período noturno. As ilhas de calor consistem no acréscimo das temperaturas do meio urbano em relação ao seu entorno devido, entre outros fatores, às atividades humanas, à alta densidade construtiva e às propriedades térmicas dos materiais de construção.

## CONCLUSÕES

A pesquisa auxilia na compreensão do microclima urbano e confirma as influências da morfologia arquitetônica no desempenho ambiental de uma área específica em Florianópolis, de clima subtropical úmido.

Esse tipo de estudo oferece subsídios para o planejamento na escala da cidade e da edificação. Seus resultados possibilitam a determinação dos parâmetros que regulam o conteúdo dos espaços, as dimensões, a disposição e distribuição dos elementos arquitetônicos e urbanos. Sua análise consiste, portanto, etapa essencial na elaboração das legislações específicas.

A metodologia adotada nesta pesquisa permite sua aplicação a estudos de caso similares, desde que levados em conta os condicionantes e limitações de cada situação. Além dos métodos e práticas propostas, conclui-se a necessidade de uma avaliação subjetiva sobre a percepção e preferência ambiental dos usuários no espaço urbano, como complementação e legitimação do diagnóstico técnico.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, M.C.C.T.; UGEDA JUNIOR, J.C. Indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 31, p. 5-35, 2009.
- ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL. Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. WREGGE, M.S. et al. (editores técnicos). Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011.
- CELANI, G. Future Cities. Uma viagem de pesquisa a Zurique. **Arquiteturismo Vitruvius**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquiteturismo/04.045/3657>>. Acesso em 10 out. 2012.
- ESCARIA, S.C. Tecnologias energéticas e modelos urbanos: alternativas para a sustentabilidade das cidades. **Da Sphera**, maio. 2008.
- HUBNER, C.E.; SANTO, M.A.D.; OLIVEIRA, F.H. Diagnóstico da ocupação de encostas do Maciço Central do Morro da Cruz - Florianópolis - SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 379-391.
- HURLEY, J; HORNE, R; GRANT, T. Ecological Footprint as an Assessment Tool for Urban Development. **Built Environment**, SOAC, 2007.
- IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. Portal eletrônico. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em 08 nov. 2012.
- INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Portal eletrônico. Brasília: INMET, 2012. Disponível em <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em 08 nov. 2012.
- INOUE, K.P; SOUZA, U.E.L. A utilização de indicadores físicos na discussão dos custos de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais. **Ambiente Construído**, v. 4, n. 1, p. 79-91, 2004.
- IPUF INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. **Anteprojeto de Lei Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Florianópolis**. Florianópolis, 2011.
- IPUF INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. **Plano Diretor do Distrito Sede** (Lei Complementar nº 001/97). Florianópolis, 1997.
- KRAFTA, R.; NETTO, V.M. A forma urbana como problema de desempenho-o impacto de propriedades espaciais sobre o comportamento urbano. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 02, 2009.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J.J. **Ambiência urbana**. 3.ed Porto Alegre: Masquatro, 2009. 199p.
- MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Revista do Departamento de Geociências, Florianópolis, SC: UFSC, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.
- NEWMAN, P. The environmental impact of cities. **Environment & Urbanization**, v. 18, n. 2, p. 275-295, 2006.
- NG, E. (ed.). **Designing high-density cities for social and environmental sustainability**. 1. ed. United Kingdom: Earthscan, 2010. 385 p.
- OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organization - Instruments and observing methods. Canada, WMO/TD n.1250, Report n.81, 2006.
- OLIVEIRA, F.H.; PINTO, J.F.; WOSNY, G.C.; DAL SANTO, M.A. Utilização de geotecnologias para avaliação do risco ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi-Florianópolis, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 212-223.
- PMF PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. Geoprocessamento corporativo. Disponível em: <[http://geo.pmf.sc.gov.br/geo\\_fpolis/](http://geo.pmf.sc.gov.br/geo_fpolis/)>. Acesso em 08 nov. 2012.
- ROMERO, M; et al. Indicadores de sustentabilidade dos espaços públicos urbanos: aspectos metodológicos e atributos das estruturas urbanas. In: SEMINÁRIO A QUESTÃO AMBIENTAL URBANA: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS, **Anais...** Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- SILVA, G.P. Forma urbana e sustentabilidade: algumas notas sobre o modelo da cidade compacta. **Prospectiva e Planejamento**, v. 15, p. 101-126, 2008.