



CADERNOS  
**PROARQ 30**

REVISTA DE ARQUITETURA E URBANISMO DO PROARQ

# CADERNOS PROARQ 30

**Reitor** Roberto Leher

**Vice-reitora** Denise Fernandes Lopez Nascimento

**Pró-Reitoria de Pós-graduação e Pesquisa** Ivan da Costa Marques

**Decano do Centro de Letras e Artes** Flora de Paoli Faria

## FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

FACULTY OF ARCHITECTURE AND URBANISM

### Diretora

*Dean*

Andrea Queiroz Rego

### Vice Diretor

*Vice Dean*

Guilherme Lassance

### Coordenação Geral do PROARQ

*General Coordination PROARQ*

**Coordenadora** Mônica Santos Salgado

**Vice-coordenadora** Giselle Arteiro N. Azevedo

### Coordenação Adjunta

*Adjoint Coordinators*

**Editoria** Ethel Pinheiro Santana

**Ensino** Fabiola do Valle Zono

**Extensão** Lais Bronstein Passaro

**Pesquisa** Gustavo Rocha-Peixoto

### Câmara de Editoria

*Board of Editors*

Ethel Pinheiro Santana

Monica Santos Salgado

### Conselho Editorial

*Editorial Council*

Ceça Guimaraes

Cristiane Rose Duarte

Gabriela Celani

Gustavo Rocha-Peixoto

Jean-Paul Thibaud

Leopoldo Bastos

José Manuel Pinto Duarte

Maria Angela Dias

### Comissão Editorial

*Editorial Committee*

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz (secretaria executiva)

Leonardo Muniz (secretaria executiva)

Pamela Ávila (secretaria executiva)

### Revisão

*Revision*

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz

Leonardo Muniz

Pamela Ávila

### Tradução

*Translation*

RioBooks Editora

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz

### Editoração / Projeto Gráfico

*Desktop publishing / Graphic Design*

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz

Pamela Ávila

**Design Original:** Plano B [plano-b.com.br]

### Capa

*Cover*

Igreja Ecumênica St. Gabriel, Vitrais de David Pearl - Larkin Architect - Toronto - 2014

Fotografia de Ethel Pinheiro

*St Gabriels Passionist Parish Church - glass work of David Pearl - Larkin Architect - Toronto- 2014*

*Photograph by Ethel Pinheiro*

**30**  
PROARQ  
2018



Universidade Federal do Rio de Janeiro

### Copyright©2018 dos autores

*Author's Copyright©2018*

Cadernos PROARQ

Av. Pedro Calmon, 550 - Prédio da FAU/ Reitoria, sl.433

Cidade Universitária, Ilha do Fundão

CEP 21941-901 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Tel.: + 55 (21) 3938-1661 - Fax: + 55 (21) 3938-1662

Website: <http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista>

E-mail: [cadernos.proarq@gmail.com](mailto:cadernos.proarq@gmail.com)

### FICHA CATALOGRÁFICA

Cadernos do PROARQ Rio de Janeiro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura –  
Ano 1 (1997)

n. 30, julho 2018

ISSN: 1679-7604

1-Arquitetura - Periódicos. 2-Urbanismo - Periódicos.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de  
Pós-graduação em Arquitetura. 2018.

**Comitê Científico**

*Scientific Committee*

Alina Santiago, UFSC  
Alice Theresinha Cybis Pereira, UFSC  
Andrey Rosenthal Schlee, UNB  
Angélica Tannus Benatti Alvim, Mackenzie SP  
Antonio Carlos Carpintero, UNB  
Antonio Tarcísio Reis, UFRGS  
Beatriz Oliveira, UFRJ  
Benamy Turkienicz, UFRGS  
Carlos Eduardo Dias Comas, UFRGS  
Circe M. Gama Monteiro, UFPE  
Cristiane Rose Duarte, UFRJ  
Claudia Barroso-Krause, UFRJ  
Cláudia Piantá Cabral, UFRGS  
Denise de Alcantara, UFRJ  
Douglas Vieira de Aguiar, UFRGS  
Edson Mahfuz, UFRGS  
Eduardo Grala da Cunha, UFPel  
Eloisa Petti Pinheiro, UFBA  
Emilio Haddad, USP  
Fernando Diniz Moreira, UFPE  
Fernando Freitas Fuão, UFRGS  
Fernando Oscar Ruttkay Pereira, UFSC  
Frederico Holanda, UNB  
Gabriela Celani, Unicamp  
Gilberto Yunes, UFSC  
Giselle Arteiro Azevedo, UFRJ  
Gleice Azambuja Elali, UFRN  
Italo Caixeiro Stephan, UFV  
Jardel Pereira Gonçalves, UFBA  
Jean-Paul Thibaud, ENSA Grenoble  
Jonathas Magalhães, PUC Campinas  
José Merlin, PUC Campinas  
Laura Novo Azevedo, Universidade de Oxford  
Leandro Medrano, Unicamp  
Leonardo Salazar Bittencourt, UFAL  
Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, UFRJ  
Lucia Costa, EBA UFRJ  
Luciana Andrade, UFRJ  
Luiz Eirado Amorim, UFPE  
Maise Veloso, UFRN  
Márcio Fabricio, USP  
Marcos Martinez Silvano, UFRJ/Coppe  
Maria Angela Dias, UFRJ  
Maria Angela Faggin Leite, IEB/USP  
Maria C. Guimaraens, UFRJ  
Maria Lucia Malard, UFMG  
Maria Luisa Trindade Bestetti, USP  
Maria Maia Porto, UFRJ  
Marta Adriana Bustos Romero, UNB  
Monica Bahia Schlee, Pref RJ  
Monica Salgado, UFRJ  
Osvaldo Silva, UFRJ  
Paola Berenstein Jacques, UFBA  
Paulo Afonso Rheingantz, UFRJ  
Renato Tibiriçá de Saboya, UFSC  
Ricardo Cabús, UFAL  
Roberto Righi, Mackenzie SP  
Romulo Krafta, UFRGS  
Rosina Trevisan Ribeiro, UFRJ  
Ruth Verde Zein, Mackenzie SP  
Sergio Leusin, UFF  
Sheila Walbe Ornstein, USP  
Silvia Tavares, James Cook University – Australia  
Silvio Soares Macedo, USP  
Sylvia Rola, UFRJ/Coppe  
Vera Bins Ely, UFSC  
Vera Tangari, UFRJ  
Vinicius Netto, UFF  
Wilson Florio, Unicamp  
Yvonne Maggie, UFRJ

**Avaliadores - Edição 30**

*Evaluators - Edition 30*

Cláudia Barroso-Krause, UFRJ  
Circe M. Gama Monteiro, UFPE  
Denise de Alcântara Pereira, UFRJ  
Denise Mônaco dos Santos, UFV  
Gabriela Celani, Unicamp  
Ítalo Caixeiro Stephan, UFV  
Jardel Gonçalves, UFBA  
José Merlin, PUC Campinas  
Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, UFRJ  
Márcio Minto Fabrício, USP - São Carlos  
Marcos Silvano, UFRJ/Coppe  
Maria Angela Dias, UFRJ  
Maria Maia Porto, UFRJ  
Maria Luisa Bestetti, USP  
Monica Salgado, UFRJ  
Paulo Afonso Rheingantz, UFRJ/UFPEl  
Renato Saboya, UFSC  
Rosina Trevisan Ribeiro, UFRJ  
Sergio Leusin, UFF  
Sylvia Rola, UFRJ/Coppe  
Vera Regina Tângari, UFRJ  
Virgínia Vasconcellos, EBA/UFRJ

# Palavra do Proarq

**O** PROARQ é um dos quatro Programas de Pós-graduação na área de arquitetura e urbanismo do estado do Rio de Janeiro, completando seus 30 anos de atuação ininterrupta, e contínua reinvenção

Nesta **edição n°30 do CADERNOS PROARQ** apresentam-se resultados de novas pesquisas em torno à discussão em arquitetura. Por esse motivo, os leitores encontrarão textos que discutem desde as práticas de ensino de arquitetura até a modelagem paramétrica; da percepção visual e concepção arquitetônica até a gestão de projetos; da experiência urbana até o registro da memória e território; do conforto térmico e lumínico até as medidas visando à eficiência termoenergética das edificações, entre outras discussões, onde os temas se misturam dando origem a novas descobertas e abrindo múltiplas possibilidades.

A diversidade de temas que compõem o mosaico desta edição lembra a necessidade de se pensar o projeto de forma colaborativa, visando à integração dos saberes e práticas em arquitetura e urbanismo, e a produção de edificações e cidades que ofereçam espaços dignos e de qualidade.

Agradecemos a todos os autores que contribuíram para a composição desse número da revista – que apresenta os resultados de pesquisas de mestrado, doutorado e grupos de pesquisa consolidados.

Que a leitura dessa edição seja gratificante e inspiradora, e que as ideias aqui apresentadas contribuam para o desenvolvimento de novas investigações sobre a arquitetura e o urbanismo.



**Mônica Santos Salgado**

## *A word from Proarq*

**P**ROARQ is one of the four Postgraduate Programs in the area of architecture and urbanism in the state of Rio de Janeiro, completing its 30 years of uninterrupted performance and continuous reinvention.

In this **30th edition**, CADERNOS PROARQ presents the results of new research around the fundamental discussions in architecture. Readers will find texts that deal with the expertise from the teaching practices of architecture to parametric modeling; from visual perception and architectural conception to project management; from urban experience to the recording of memory and territory; from thermal and light comfort to measures aimed at the thermo energetic efficiency of buildings, among other discussions, where the themes are blended together and give rise to new discoveries and open up multiple possibilities.

The diversity of themes that make up the mosaic of this edition reminds us of the need to think about the project in a collaborative way, aiming at the integration of knowledge and practices in architecture and urbanism, and the production of buildings and cities that offer decent spaces and quality.

We thank all the authors who contributed to the composition of this issue of the Journal - which presents the results of master's, doctorate and consolidated research groups.

May the reading of this edition be gratifying and inspiring, and that the ideas presented here contribute to the development of new investigations about architecture and urbanism.

Mônica Santos Salgado

## Editorial

A edição 30 do CADERNOS PROARQ chega a público com um panorama bem diversificado de temas, fruto de uma avaliação rigorosa por parte de nosso Comitê Científico e também da diversidade com que a pesquisa nas Ciências Sociais Aplicadas tem se desenvolvido.

No conjunto da obra apresentamos artigos, voltados para diferentes áreas de estudo, cuja abrangência nunca permanece estanque: percepção visual e concepção arquitetônica, ensino e processo de projeto, conforto térmico e lumínico, eficiência termoenergética, modelagem paramétrica, gestão e experiência urbana, memória e território. Em alguns casos, um pouco de cada tema permeia os demais, demonstrando a interdisciplinaridade típica do campo da pesquisa e do ensino em arquitetura e urbanismo.

Para iniciar tal conjunto de trabalhos, selecionamos o artigo-âncora dentre os mais bem avaliados para esta edição, com o auxílio de uma pequena equipe de avaliadores internos que atestou a atualidade, pertinência e competência do trabalho apresentado por **Mônica Lima, Maísa Veloso e Gleice Elali**, fruto de tese de doutorado. As autoras fornecem em seu artigo um instrumento para o ensino de projeto arquitetônico através de técnicas de dobradura – um apelo à importância da forma e da resistência no processo de projeto – e referendam o papel das oficinas de aprendizagem para experimentação em turmas iniciais de graduação. As conclusões apontam para a importância de se instrumentalizar o estudante no saber-fazer, como exercício de concepção arquitetônica, e exemplificam o papel cognitivo da abordagem mecânica e da didática aplicada na construção de uma ciência bastante ligada à prática.

**Angela Dias Leão Costa, Giselle Merino, Eugenio Merino** e novamente **Gleice Elali**, por sua vez, apresentam uma experiência prática de participação de pessoas com dificuldade de mobilidade em etapas iniciais do processo de projeto. De cunho qualitativo, a investigação se voltou para a compreensão das condições de navegabilidade (wayfinding) do edifício da reitoria da UFPB. Os resultados evidenciaram que os usuários se orientavam especialmente fazendo uso de sentidos residuais e buscando informações no ambiente, reforçando o papel da pesquisa qualitativa, enquanto subsídio à prática projetual.

No artigo de **Cintia Akemi Tamura e Eduardo L. Krüger** são avaliados os dados de percepção relacionados ao acesso solar de moradores de unidades habitacionais em Curitiba. Complementarmente às simulações de insolação, um questionário adaptado foi aplicado aos moradores, permitindo tanto a verificação de sua consistência como o estabelecimento de comparativos com os resultados obtidos a partir da aplicação do instrumento original, em Hong Kong. Os resultados indicaram que preferências quanto a períodos

do dia e quantidade de horas com acesso solar podem variar inversamente à temperatura média da localidade nos dois grupos comparados, aludindo a questões de ordem cultural e topológica nas análises quantitativas.

Ainda em meio a avaliações quantitativas, **Eduardo Grala da Cunha, Carolina Duarte, Thalita dos Santos Maciel, Lisandra Krebs e Rodrigo Leitzke** voltam-se ao desempenho de edificações residenciais, analisando a relação entre sombreamento e melhoria de eficiência termoenergética. Os autores realizaram, para isso, simulações computacionais de diferentes condições bioclimáticas onde a edificação poderia estar inserida. Os níveis ideais de sombreamento encontrados variaram de acordo com a zona bioclimática, permitindo identificar um padrão de comportamento diferenciado entre climas quente e frio no Brasil, novamente acenando para relações aquém do simples monitoramento do dado isolado.

Atravessando o campo das investigações em patrimônios brasileiros, o trabalho de **Ana Laura Evangelista e Maria Cristina da Silva Schicchi** busca a visibilidade de um patrimônio industrial ferroviário de escala metropolitana em Campinas-SP. Por ser o eixo estruturante da expansão de cidades e possuir relevância histórica, as autoras adotaram uma abordagem cartográfica do passado para reconhecer e reinserir no território esta entidade espacial. Através de mapas, foi realizado um retraçado da ferrovia que permitiu encontrar edificações remanescentes e evidenciar um dinamismo cultural também imaterial e de extrema importância para o revigoramento da imagem ferroviária.

Neste mesmo seguimento, o artigo de **Andréa Mussi, Anicoli Romanini, Marcele Salles Martins, Thaísa da Silva, Lauro Ribeiro, Caliane de Almeida e Grace Tibério** aborda uma experiência realizada no município de Passo Fundo (RS) no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida. A implementação do Loteamento Canaã, através de sistema de autogestão, foi viabilizado por um grupo de mulheres através da criação de uma entidade não governamental em parceria com uma Instituição de Ensino Superior. O texto explicita o enfrentamento de paradigmas nas soluções arquitetônicas e urbanísticas e traz reflexões a respeito do empoderamento das comunidades na produção do espaço, da periferia, da homogeneidade e da possibilidade de futuras ampliações sensíveis nas habitações de interesse social.

O artigo de **Ítalo Itamar Caixeiro Stephan** aborda o panorama do planejamento e gestão das principais cidades de porte intermediário da Zona da Mata Mineira, identificando os centros mais importantes através de análises realizadas nas doze cidades intermediárias e os problemas relacionados à expansão urbana. O trabalho aborda pontos como a estrutura e os pontos frágeis do planejamento urbano praticado, a aplicação parcial da legislação urbanística e as condições de gestão territorial. O autor ressalta os problemas dos Planos Diretores municipais, tantas vezes obsoletos, destacando a necessidade da implantação de um processo efetivo de direção do crescimento urbano e ordenamento territorial.

**Mário Alves da Silva, Joyce Correna Carlo e Luciana Bosco e Silva**, como que entrelaçando os assuntos abordados nos trabalhos anteriores, trazem um duplo objetivo metodológico-operacional: por um lado analisam o desempenho luminoso e energético de uma edificação através de métodos simulativos, com vistas à melhoria da distribuição de luz natural no ambiente; por

outro, focando os processos de otimização por ferramentas computacionais, avaliam o potencial de integração entre dois softwares baseado em seus parâmetros de modelagem. Assim, concluem que os processos de Otimização Baseada em Simulação (OBS) permitem avançar na qualidade das informações de desempenho resultantes do método integrado e servem, principalmente, para agregar os contextos de pesquisa em laboratório e em prática.

Por fim, os autores **Ana Regina Cuperschmid , Ana Lúcia Cerávolo, Marina Grachet, Júlio César Franco Júnior e Márcio Minto Fabrício** discutem os processos de utilização do BIM para registro histórico do patrimônio edificado através do projeto de pesquisa “Casa de Vidro: an icon of modern architecture and conservation” que tem como objetivo a elaboração de um plano de conservação para a Casa de Vidro, antiga residência da arquiteta Lina Bo Bardi e de Pietro M. Bardi, localizada em São Paulo. A partir dos projetos e documentos históricos do imóvel, um modelo BIM foi produzido com evidência do estado de conservação atual do imóvel. Neste trabalho, a avaliação crítica do processo permeado pelo BIM para a conservação de edificações tombadas, e os sistemas de documentação, gestão e manutenção, são colocados frente a novas e prementes necessidades de revisão da prática documental e analítica em arquitetura.

Encerramos aqui este editorial com um novo sopro de otimismo, que nos impele a continuar no serviço pela propagação de pesquisas, ideias e – por que não(?) – ideais mais abrangentes e comprometidos com o aprimoramento da área de arquitetura e urbanismo. Desejamos que a leitura dos textos seja tão frutífera quanto os resultados alcançados por seus autores.

Equipe editorial

Comissão Editorial

Ethel Pinheiro, chefe de editoria

Bárbara Thomaz, Leonardo Muniz e Pâmela Ávila, secretaria executiva

## Editorial

The 30th Edition of the Journal CADERNOS PROARQ comes to the public with a wide range of topics, as a result of a rigorous evaluation process by our Scientific Committee and also because of the diversity in which the research in Applied Social Sciences has been developed.

In this edition we present some articles aimed at different areas of study, whose scope never remains watertight: visual perception and architectural conception, teaching and design process, thermal and luminous comfort, thermo energetic efficiency, parametric modeling, urban management and experience, memory and territory. In some cases, a little of each theme permeates the others, demonstrating the typical interdisciplinarity of the field of research and teaching in architecture and urbanism.

To begin this set of works, we selected the anchor-article among the best evaluated ones for this edition, with the help of a small team of internal evaluators that attested the relevance and competence of the work presented by **Mônica Lima, Máisa Veloso and Gleice Elali**. The authors provide in their article an instrument for teaching architectural design through folding techniques - an appeal to the importance of form and resistance in the design process - and refer to the role of learning workshops for experimentation in initial undergraduate classes. The conclusions point to the importance of instrumentalizing the student in the know-how, as an exercise in architectural conception, and exemplify the cognitive role of the mechanical approach and applied didactics in the construction of a science closely linked to practice.

**Angela Dias Leão Costa, Giselle Merino, Eugenio Merino and again Gleice Elali**, in their turn, present a practical experience of participation with people with mobility difficulties in the initial stages of the design process. Of qualitative nature, the investigation turned to the understanding of the navigability conditions (wayfinding) of the building of the Rectory of the UFPB. The results showed that users were oriented spatially using residual senses and seeking information in the environment, reinforcing the role of qualitative research, as a subsidy to the design practice.

In the article by **Cintia Akemi Tamura and Eduardo L. Krüger** the perception data related to the solar access of residents of housing units in Curitiba are evaluated. In addition to the simulations, an adapted questionnaire was applied to the residents, allowing both the verification of their consistency and the establishment of comparisons with the results obtained from the application of the original instrument, initially applied in Hong Kong. The results indicated that preferences

regarding periods of the day and amount of hours with solar access may vary inversely to the average temperature of the locality in the two groups compared, alluding to cultural and topological questions in the quantitative analyzes.

Still speaking of quantitative evaluations, **Eduardo Grala da Cunha, Carolina Duarte, Lisandra Krebs and Rodrigo Leitzke** turn to the performance of residential buildings, analyzing the relationship between shading and improvement of thermo energetic efficiency. For this, the authors carried out computational simulations of different bioclimatic conditions where the building could be inserted. The ideal levels of shade varied according to the bioclimatic zone, allowing the identification of a pattern of behavior differentiated between hot and cold climates in Brazil, again waving to more complex relations than the simple monitoring of the isolated data.

Crossing the field of research in Brazilian heritage, the work of **Ana Laura Evangelista and Maria Cristina da Silva Schicchi** seeks the visibility of a railroad industrial heritage of metropolitan scale in Campinas-SP. Because the railroad is the structuring axis of expansion of cities and has its historical relevance, the authors adopted a cartographic approach from the past to recognize and reinsert this spatial entity in the territory. Through maps, a retracted of the railroad was realized that allowed to find remaining buildings and to evidence a cultural dynamism also immaterial and of extreme importance for the reinvigoration of the railway image.

In the same sequence, the article by **Andréa Mussi, Anicoli Romanini, Marcele Salles Martins, Thaísa da Silva, Lauro Ribeiro, Caliane de Almeida and Grace Tibério** addresses an experiment carried out in the municipality of Passo Fundo (RS) under the 'Minha Casa Minha Vida' Project. The implementation of the Canaã Housing Complex through a self-management system was enabled by a group of women through the creation of a non-governmental entity in partnership with a Higher Education Institution. The text makes explicit the confrontation of paradigms in architectural and urban solutions and brings reflections about the empowerment of communities in the production of space, the periphery, homogeneity and the possibility of future sensitive expansions in social housing.

The article by **Ítalo Itamar Caixeiro Stephan** discusses the planning and management panorama of the main intermediate cities of the 'Zona da Mata Mineira', identifying the most important centers through reviews carried out in the twelve intermediate cities and the problems related to urban expansion. The paper deals with matters such as the structure and fragile aspects of urban planning, the partial application of urban planning legislation and territorial management conditions. The author emphasizes the problems of the municipal Director Plans, which are often obsolete, highlighting the need to implement an effective process of urban growth and territorial planning.

**Mário Alves da Silva, Joyce Correna Carlo and Luciana Bosco e Silva** have a dual methodological-operational objective, as if intertwining the subjects discussed in previous works: on the one hand, they analyze the luminous and energetic performance of a building through simulation methods, improving the distribution

of natural light into the environment; on the other hand, focusing on the optimization processes by computational tools, they evaluate the integration potential between two software based on their modeling parameters. Thus, they conclude that the Simulation Based Optimization (OBS) processes advance the quality of performance information resulting from the integrated method and serve mainly to aggregate the research contexts in the laboratory and in practice.

Finally, the authors **Ana Regina Cuperschmid, Ana Lúcia Cerávolo, Marina Grachet, Júlio César Franco Júnior and Márcio Minto Fabrício** discuss the processes of using BIM to register the historical built heritage through the research project “Casa de Vidro: an icon of modern architecture and conservation”, which aims to elaborate a conservation plan for the Glass House, former residence of the architect Lina Bo Bardi and Pietro M. Bardi, located in São Paulo. From the projects and historical documents of the property, a BIM model has been produced with evidences of the current state of conservation of the property. In this work, the critical evaluation of the process permeated by the BIM for the conservation of buildings, and the systems of documentation, management and maintenance, are placed in the face of new and urgent needs for revision of the documentary and analytical practice in architecture.

We end this editorial with a new breath of optimism, which impels us to continue in the service by propagating research, ideas and - why not (?) – ideals, more comprehensive and committed to the improvement of the area of architecture and urbanism. We hope that the reading of the texts will be as fruitful as the results achieved by their authors.

Editorial Committee

Ethel Pinheiro, chief editor

Bárbara Thomaz, Leonardo Muniz, Pâmela Ávila, executive secretary

## Sumário *Contents*

### 1

**A dobradura de papel no auxílio à percepção visual e à concepção da forma arquitetônica**

---

*The paper folding in aid to visual perception and conception of architectural form*

Mônica Lima, Maísa Veloso e Gleice Elali

### 35

**Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto**

---

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

Angela Dias Leão Costa, Giselle Merino, Eugenio Merino e Gleice Elali

### 50

**Percepção de Moradores sobre o Acesso Solar em Conjuntos Habitacionais: Estudo Comparativo em Clima Temperado e Subtropical**

---

*Perception of Housing Tenants about Solar Access in Housing Sets: Comparative Study in Temperate and Subtropical Climate*

Cintia Akemi Tamura e Eduardo L. Krüger

### 74

**Analysis of surrounding urban shadings on an insulated building in a hot and cold Brazilian climates**

---

*Análise do sombreamento do entorno em uma edificação residencial isolada em climas quente e frio do Brasil*

Eduardo Grala da Cunha, Carolina Duarte, Thalita dos Santos Maciel, Lisandra Krebs e Rodrigo Leitzke

### 97

**Estrada de Ferro Funilense (SP): Retrazando a memória do território**

---

*Funilense Railway (São Paulo): Retracing the memory of the territory*

Ana Laura Evangelista e Maria Cristina da Silva Schicchi

### 115

**Trajatória de uma experiência de autogestão habitacional de interesse social: reflexões quanto ao empoderamento da comunidade e soluções adotadas**

---

*Trajectory of a self-management experience of low-income housing: reflections on community empowerment and adopted solutions*

Andréa Mussi, Anicoli Romanini, Marcele Salles Martins, Thaísa da Silva, Lauro Ribeiro, Caliane de Almeida e Grace Tibério

## Sumário *Contents*

### 132

**Planejamento e gestão urbanos: um panorama das cidades intermediárias na Zona da Mata Mineira**

---

*Urban planning and management: an overview of intermediate cities in the Zona da Mata Mineira, Minas Gerais, Brazil*

Ítalo Itamar Caixeiro Stephan

### 150

**Modelagem Paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.**

---

*Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.*

Mário Alves da Silva, Joyce Correna Carlo e Luciana Bosco e Silva

### 177

**Casa de Vidro: BIM e Gestão do Patrimônio Histórico Arquitetônico**

---

*Casa de Vidro: Architectural Heritage Management Assisted by BIM*

Ana Regina Cuperschmid , Ana Lúcia Cerávolo, Marina Graf Grachet, Júlio César Franco Júnior e Márcio Minto Fabrício

MÔNICA MARIA FERNANDES DE LIMA, MAÍSA FERNANDES DUTRA VELOSO E GLEICE AZAMBUJA ELALI

## A dobradura de papel no auxílio à percepção visual e à concepção da forma arquitetônica

*The paper folding in aid to visual perception and conception of architectural form*

**Mônica Maria Fernandes de Lima**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo (1985), mestre em Engenharia Mecânica (1990) e doutora em arquitetura e urbanismo (2017) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Começou sua carreira acadêmica em 1994 na Universidade Potiguar e em 1996 ingressou na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, hoje é professora adjunta do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Desenvolve estudos na área de Representação e Linguagem e ministra as disciplinas de Representação Gráfica de 2005 a 2018.

*Undergraduate in Architecture and Urban Planning (1985), Master's degree in Mechanical Engineering (1990) and Ph.D. in Architecture and Urban Planning(2017) by the Federal University of Rio Grande do Norte. She began her academic career in 1994 at the Potiguar University and in 1996 she joined the Federal University of Rio Grande do Norte and is now an adjunct professor of the Architecture and Urban Planning Course. She develops studies in the area of Representation and Language and teaches the disciplines of Graphic Representation from 2005 to 2018.*

**monicamfl@gmail.com**

**Maísa Fernandes Dutra Veloso**

Possui graduação em Arquitetura pela Universidade Federal de Pernambuco (1985), mestrado em Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (1992) e doutorado em Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). Fez pós-doutorado na École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Atualmente, é Professora Titular do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), atuando na graduação e nos Programas de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (mestrado acadêmico e doutorado) e em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente (Mestrado Profissional).

*Undergraduate in Architecture by the Federal University of Pernambuco (1985), Master's degree in Urban Development by the Federal University of Pernambuco (1992) and Ph.D. in Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). She did postdoctoral École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Currently, she is a Professor of the Architecture Department of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), working in the undergraduate and postgraduate programs in Architecture and Urban Planning (academic master's and doctorate) and in Architecture, Design, and Environment Professional Master's).*

**maisaveloso@gmail.com**

### **Gleice Azambuja Elali**

Arquiteta e Urbanista (UFRN, 1982), psicóloga (UFRN, 1987), mestre e doutora em Arquitetura e Urbanismo (USP, 1996, 2002). Docente na UFRN desde 1994, atualmente é professora e pesquisadora nas áreas de projeto de arquitetura e psicologia ambiental.

*Architect and Urban Planner (UFRN, 1982), psychologist (UFRN, 1987), master's degree and PhD in Architecture and Urban Planner (USP, 1996, 2002). Professor in UFRN since 1994 actually is teacher and researcher in areas of Architectural Project and Environmental Psychology.*

**gleiceae@gmail.com**

### Resumo

No ensino universitário contemporâneo, a aprendizagem precisa ser vivenciada como fruto de um processo de construção contínuo, no qual o aprender ocorre por meio de processos dinâmicos de buscas e deve ser adquirido de forma integrada. O presente artigo é um recorte de uma pesquisa de doutorado já concluída, que analisa técnicas de dobradura em papel como instrumento de auxílio ao desenvolvimento da percepção visual e da concepção formal dos alunos no primeiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo. Entende-se que as técnicas de dobraduras são instrumentos capazes de colaborar com a apreensão do conhecimento da geometria e promover o desenvolvimento das habilidades relacionadas à visualização e concepção da forma. Assim, a fim de discutir o potencial da dobra como ferramenta que favorece o processo de criação, oficinas foram realizadas com estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo, nas quais foram aplicadas técnicas de Paper Folding, Surface Development, Origami e Tessellation. Este artigo apresenta parte dos resultados das experimentações realizadas nessas oficinas. Verifica-se o potencial da dobra como ferramenta de concepção, uma vez que permitiu: a exploração do conceito de continuidade e complexidade; o favorecimento do processo de criação e a otimização da relação ensino/aprendizagem. Os referidos resultados indicaram a potencialidade do uso da maquete de papel e a função das oficinas como experiências capazes de favorecer os processos de concepção. Além destes fatores, foi possível perceber a presença do mimetismo e da geometria nos momentos iniciais de concepção da forma, por meio de um exercício de integração, definido pela metodologia. Estes resultados fundamentaram as recomendações para o ensino de projeto de arquitetura voltado para os períodos iniciais.

**Palavras-chave:** Ensino. Projeto. Dobradura. Percepção Visual. Concepção Formal.

### Abstract

*In contemporary university education, learning must be experienced as the result of a process of continuous construction, in which learning takes place through dynamic search processes and must be acquired in an integrated way. This paper is a cross-section of a doctoral research that presents paper folding techniques as an aid to the development of visual perception and the formal conception of the students in the first year of the architecture and urbanism course. It is understood that the folding techniques are instruments able to collaborate with the apprehension of the knowledge of the geometry and to promote the development of the abilities related to the visualization and conception of the form. Thus, in order to discuss the potential of the fold as a tool that favors the creation process, workshops were held with undergraduate students in Architecture and Urbanism, in which Paper Folding, Surface Development, Origami and Tessellation techniques were applied. This article briefly summarizes the results of the experiments carried out in these workshops in order to demonstrate the importance of the use of paper folding in the teaching / learning process in the initial design disciplines. We verified the potential of the fold as a tool of conception, since it allowed: the exploration of the concept of continuity and complexity; the favoring of the creation process and the optimization of the teaching / learning relationship. These results indicated the potentiality of the use of the paper model and the function of the workshops as experiences capable of favoring the design processes. Besides these factors, it was possible to perceive the presence of mimicry and geometry in the initial moments of conception of the form, through an integration exercise, defined by the methodology. These results supported the recommendations for the teaching of architectural design focused on the initial periods.*

**Keywords:** Teaching. Project. Folding. Visual Perception. Formal Conception.

## Introdução

A revisão de literatura indicou que, nos primeiros semestres dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros, os alunos, em geral, apresentam dificuldades na compreensão dos conteúdos de geometria. Constatou-se também, em alguns casos, pouca integração dos conteúdos das áreas de “representação e linguagem” e “projeto de arquitetura”, o que prejudica a compreensão da bidimensionalidade e da tridimensionalidade pelo alunado. Assim, entender as questões de espacialidade é uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos alunos que ingressam nos cursos superiores de Arquitetura do Brasil.

Diante deste contexto, defendemos uma revisão do ensino de geometria aplicada à arquitetura, visto que, nos cursos de graduação, este ainda é, em grande parte, praticado de forma tradicional. Neste sentido, Marcos Pereira Diligenti (2006, p.12) recomenda “[...] uma reavaliação e uma transformação tanto no caminho de concepção de objeto científico usualmente construído nessa área, quanto nas decorrentes abordagens pedagógicas que se constituem a partir deste parâmetro de compreensão de ciência”. Ademais, o autor propõe a vitalização do ensino de geometria, por meio de uma análise integrada, apontando a necessidade de uma reflexão voltada para este aspecto, tanto na elaboração do currículo dos programas de graduação, quanto na definição das atividades pedagógicas.

Ao apontar caminhos a serem trilhados na vitalização do ensino de geometria, José Euzébio Costa Silveira (2008) discorreu sobre alguns problemas relacionados à forma tradicional do ensino da geometria descritiva (tais como: a abordagem dissociada da arquitetura e da prática profissional; a disciplina classificada como teórica; os exercícios de figuras geométricas isoladas; e a bibliografia de difícil apreensão). O(A) autor(a), expôs as seguintes alternativas a este modelo: apresentação de exemplos que simulam a prática da arquitetura; exploração dos conteúdos abstratos por meio de modelos tridimensionais, que podem ser vistos como elementos arquitetônicos; proposição de soluções de coberturas a partir do conteúdo de intersecções de planos; e estudos de sombra, utilizando plantas e fachadas.

As dificuldades dos alunos nesse campo também se devem ao fato da habilidade de visualização formal não ter sido suficientemente desenvolvida no ensino fundamental e médio. Embora softwares com recurso de “desenhos em movimento” sejam ferramentas capazes de promover a superação das dificuldades de assimilação das propriedades geométricas e matemáticas das questões de espacialidade, não se pode prescindir da atividade manual e lúdica. Esta facilita a aprendizagem por meio da maleabilidade, permitindo ao aluno realizar um processo de aquisição de conteúdos partindo do concreto para chegar ao abstrato, enquanto que a ludicidade desperta o interesse. Assim, a aplicação do exercício da maquete, com técnicas de dobraduras em papel, se enquadra neste tipo de atividade que, por suas características, pode vir a estimular a criatividade do aluno.

Segundo Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski (2011), para ser criativo, é preciso possuir um pensamento flexível, além de uma capacidade de análise e de síntese. Além disso, Wilson Florio e Ana Tagliari (2009) comentam a necessidade de, nesse campo, trabalhar as incertezas, fazer experimentações e romper com a tradição. Ressaltam ainda a importância do estímulo, da motivação e da persistência (FLORIO, TAGLIARI, 2009). Neste sentido, apresentamos, nesse artigo, algumas experiências pedagógicas, que tiveram a dobra como ferramenta de auxílio à concepção e à visualização formal.

Segundo Rick Beech (1982, p.10), “a dobradura de papel surgiu na China em torno do 1o ou 2o século a.C., e alcançou o Japão no 6o século [...]”<sup>1</sup>, e a partir do século VIII, as dobraduras passaram a ser utilizadas nas cerimônias xintoístas, representando divindades adoradas pelos japoneses. Para Thaís Regina Ueno (2003), no século VIII d.C., os mouros já teriam empregado técnicas de dobraduras no ensino de geometria. Em 1797, foram publicadas as primeiras instruções escritas por meio da obra “Senbazuru Oriката” (Como Dobrar Mil Garças). No início, essa técnica era transmitida de pais para filhos e, em 1876, passou a ser ministrada nas escolas do Japão. Ricardo Lourenço (2011, p.27) afirma que “[...] no Japão, em meados do século XIX, o origami começou a ser aplicado como recurso didático para a educação artística [...]”. Segundo o autor, “[...] o origami aplicado na educação no Japão sofreu grande influência de Friedrich Wilhelm August Fröbel (1782-1852), um educador alemão que utilizava as dobras para desenvolver formas geométricas [...]”. (LOURENÇO, 2011, p.27). No entanto, após a primeira Guerra Mundial, as aulas de origami foram eliminadas nas escolas japonesas.

O origami também foi empregado como uma ferramenta pedagógica na Bauhaus, escola alemã de arquitetura e design, segundo informam Erik Demaine e Martin Demaine (2015, s.p.) “[...] a mais antiga referência conhecida de escultura curva-vincada é o trabalho de um estudante na Bauhaus, a partir de um curso preliminar de estudo com papel, ensinado por Josef Albers em 1927-1928”<sup>2</sup>.

Contemporaneamente, as técnicas de dobraduras de papel são exploradas por diversas áreas do conhecimento e tem contribuído para o avanço tecnológico, como se constata por meio das relações entre origami, matemática e ciências ocorridas na atualidade.

*[...] além do campo da arquitetura e do design, as técnicas de dobraduras têm contribuído para a evolução tecnológica promovendo soluções de problemas de engenharia espacial, da mecânica, e da medicina. Fato ocorrido devido às interseções entre origami, matemática e ciência percebidas por Robert Lang, físico norte-americano e origamista que classificou a referida técnica de dobradura em três categorias: Origami matemática: descreve as leis básicas de origami; Origami computacional: algoritmos e teoria dedicada à solução de problemas, e Origami tecnologia: dobradura para a solução de problemas que surgem em engenharia, design industrial, e tecnologia em geral. Desde então as técnicas de dobraduras têm favorecido o potencial de criatividade e originalidade em projetos contemporâneos nos referidos campos. (LIMA, 2015, p.3).*

Diante das questões acima descritas e da observação decorrente da experiência no ensino de Geometria Gráfica 01 e da vivência nos congressos e eventos da área, entendemos que essa temática pode ser trabalhada de modo integrado entre os componentes curriculares das áreas de “Representação e linguagem” e de “Projeto de Arquitetura”.

A partir desse entendimento, em uma pesquisa de doutorado já concluída, verificou-se o potencial da geometria e, mais particularmente, da técnica de dobradura em papel, como instrumento de auxílio à percepção visual e à concepção formal no primeiro ano do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde atuamos como docentes. Com esse estudo, esperamos contribuir para o

<sup>1</sup> Do original: “Paper folding originated in China around the 1st or 2nd century AD, and reached Japan in the 6th century.” (BEECH, 1982, p.10).

<sup>2</sup> Do original: “The earliest known reference of curved-crease sculpture is from a student's work at the Bauhaus, from a preliminary course in paper study taught by Josef Albers in 1927-1928.” (HISTORY..., 2015, s.p.).

avanço do conhecimento na área de geometria aplicada ao projeto, campo determinante da formação do arquiteto, a partir de uma investigação balizada pela integração e, voltada para aprimorar o conhecimento dos alunos.

## Procedimentos Metodológicos

Apoiada em pesquisa bibliográfica sobre os temas “ensino de geometria”, “ensino de projeto arquitetônico” e “técnicas de dobraduras”, a pesquisa empírica correspondeu a um estudo de caso, aplicado no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e realizado por meio de minicursos - denominados “Técnicas de Dobraduras” -, cujo objetivo foi investigar a visualização formal dos participantes e apresentar a dobra enquanto técnica (dobra material, ou seja, dobradura) como uma possibilidade de desenvolvimento da concepção formal aos alunos iniciantes. A atividade, com duração de 12 horas, foi dividida em sessões e abrangeu quatro oficinas (descritas a seguir), que exploraram a utilização das técnicas: Paper folding – teste que utiliza dobraduras feitas em um papel quadrado que é perfurado;

- Surface development – teste que se baseia na imaginação e/ou visualização de uma dobradura a partir da planificação de um objeto, idealizadas por Harry H. Harman et al (1976), empregadas para o desenvolvimento da visualização formal;
- Origami (e suas variações) – arte japonesa de dobradura de papel.

No início e no final de um minicurso, os alunos responderam questionários. No primeiro momento (antes das oficinas) buscava-se averiguar se, ao ingressar no curso, os alunos praticavam alguma atividade que exigisse habilidades de visualização formal e influenciasse o resultado dos exercícios aplicados. Esse questionário foi baseado em Norma Boakes (2011) -, tendo averiguado informações demográficas básicas (perfil) do aluno e seu envolvimento com atividades atreladas a habilidade “visualização formal”. Na adaptação do instrumento à realidade local, a etnia foi desconsiderada devido a pouca incidência de alunos estrangeiros no início do curso estudado, sobretudo provenientes de países orientais, onde a prática do origami é mais difundida. Após as oficinas, foi aplicado outro questionário para os estudantes avaliarem os testes aplicados e indicarem dificuldades vivenciadas.

### Primeira oficina: dobraduras e visualização formal

Com base nos testes de referência e nas atividades apresentados por Elizabeth Hernández Arredondo (2007), foram realizados dois exercícios na primeira oficina.

- Exercício 1: partindo de quadrados de papel, os alunos fizeram dobras e os perfuraram uma vez. Depois, desenharam o resultado antes de desdobrar o mesmo. Foi solicitado que se fizessem três exercícios com uma, duas e três dobras. Este tipo de exercício exigiu concentração na fase das dobras e visualização formal na fase de desenho do resultado da perfuração, além da noção de dois conceitos geométricos: reflexão e simetria.
- Exercício 2: teve como referência o surface development test e a versão computadorizada do mesmo, e consistia na planificação de um objeto, sendo que, ao invés de números, foram utilizadas cores nas arestas que deveriam ser identificadas na perspectiva. O aluno precisou escolher, dentre as alternativas apresentadas, quais as que informavam corretamente a posição das arestas marcadas na planificação.

**Segunda Oficina: origami**

Para introduzir as noções básicas de origami, dois exercícios foram realizados, buscando familiarizar o aluno com a leitura dos diagramas.

O primeiro exercício era a construção de uma face triangular, elaborada a partir de um papel quadrado para se confeccionar um tetraedro e uma pirâmide e suas peças de conexão.

O segundo exercício correspondeu à construção das peças de conexão necessárias para a construção do tetraedro e da pirâmide de base quadrada.

**Terceira oficina: tessellation**

Como os padrões empregados nos projetos de dobradura são essencialmente definidos por meio de simetrias, nessa oficina, foram utilizados quatro tipos básicos de simetria bidimensional: translação, reflexão, rotação e deslizamento de reflexão.

**Quarta oficina: elemento arquitetônico**

Na quarta oficina, os alunos utilizaram técnicas de dobraduras para criar um elemento arquitetônico. Um dos exercícios realizados na oficina em questão foi o seguinte: com base na técnica de dobradura origami, os alunos fizeram prismas retos de bases variadas para criar um sólido composto com a justaposição de suas faces laterais.

## Resultados e Discussões

As experiências didáticas ocorreram ao longo de 2015 a 2016 (Quadro 1), envolvendo um total de 65 alunos, a maioria do gênero feminino e com idade entre 19 e 23 anos. A investigação de precedentes informou, por um lado, pouco envolvimento prévio dos participantes com dobraduras de papel, planificação e modelagem de sólidos e origami; raros revelaram ter alguma experiência com origami. Por outro, a maioria afirmou realizar ao menos uma vez por semana jogos eletrônicos e de armar, desenho, pintura e outras atividades que requerem o uso de visualização de objetos 2D ou 3D. Ao final do processo, verificou-se que: a atividade dobradura de papel foi considerada como de dificuldade moderada; a planificação e montagem dos sólidos como razoavelmente fácil; houve alguma dificuldade com relação ao origami. A dificuldade mais significativa foi relacionada à oficina tessellation, devido à complexidade do uso/emprego dessa técnica, fato esperado, visto que seu desenvolvimento exige mais tempo.

Os resultados, a seguir, serão relatados conjuntamente, e ilustrados por meio de situações observadas durante o processo. Para facilitar a leitura, optamos por ilustrar os resultados pela apresentação de trabalhos elaborados por alguns estudantes, que serão identificados como “exemplos”, numericamente ordenados (Ex1, Ex2, etc.).

**QUADRO1 -Experiências didáticas realizadas.**  
Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Experimento	Período	Participantes
1	26 a 29/10/2015	Início: 6 Final: 5
2	11/11/2015	22
3	17 e 18/03; 21 e 22/03/2016	16
4	06/04/2016	21

### Resultado da primeira oficina

As atividades “papel dobrado e perfurado” e “planificação e desenvolvimento de sólidos” (figuras 1 e 2) foram compreendidas sem dificuldades. No primeiro caso, na sequência do exercício os alunos dobraram e perfuraram o papel (Figura 1, à esquerda), depois desenharam suas dobras (Figura 1, ao centro) e imaginaram o resultado desdobrando como ficaria o papel desdobrado (Figura 1, à direita).

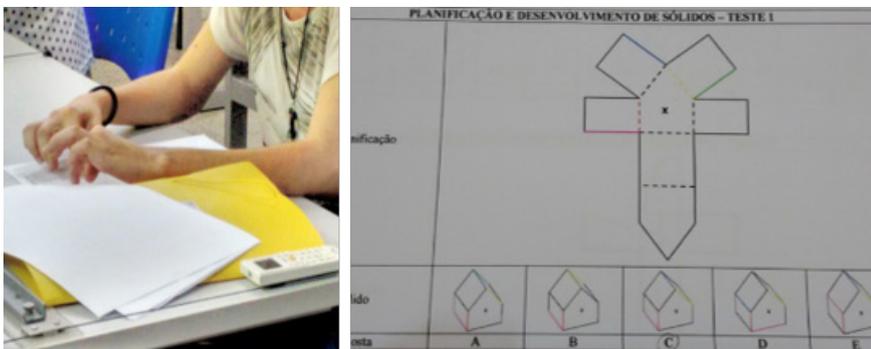
FIGURA 1 - Atividade papel dobrado e perfurado.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



FIGURA 2 - Planificação e desenvolvimento de sólidos.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



### Resultado da segunda oficina

Para se familiarizarem com a simbologia e os tipos de dobras por meio da leitura dos passos a passos dos diagramas de origami (Figura 2), os participantes construíram uma pirâmide de base quadrada a partir do diagrama apresentado por Maria Evanir Nogueira da Silva (2009).

FIGURA 3 - Construção de uma pirâmide.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

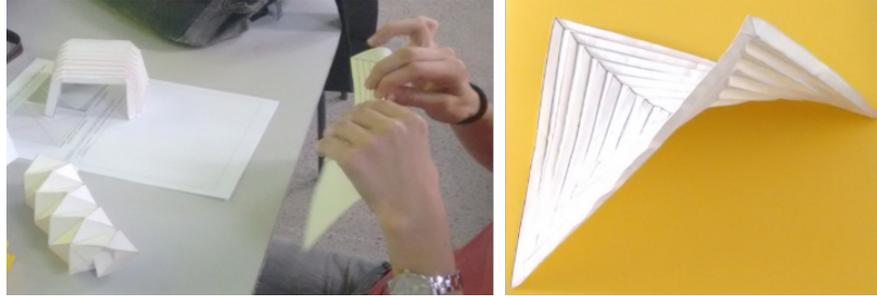


### Resultado da terceira oficina

A oficina tessellation teve como referencial teórico o livro *Folding Techniques for designers* (JACKSON, 2011), e abrangeu três exercícios: uma seção cilíndrica denominada pelo autor de forma-X, um teto plano por meio do uso de duas linhas de dobras-V e uma parábola hiperbólica (Figura 4).

FIGURA 4 - Forma-x, teto plano e parábola hiperbólica.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

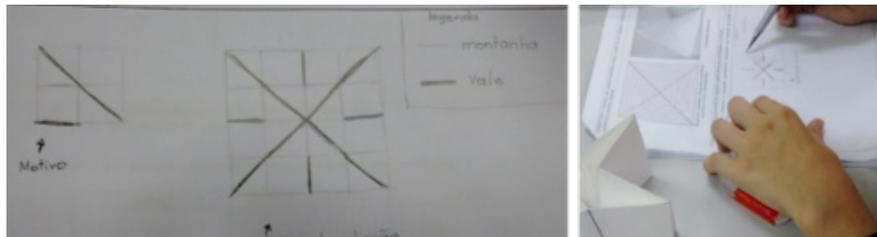


O quarto exercício foi a criação de um padrão de repetição a partir da técnica de dobradura tessellation. Solicitou-se que os alunos descrevessem os elementos e as operações geométricas empregadas. O processo iniciava com a definição de um motivo e a escolha de uma simetria para definição do padrão de dobras. Após este passo, os alunos decidiam os tipos de dobras, montanha e vale, a partir dos teoremas Maekawa e Kawasaki. Em seguida, desenhavam em uma folha de papel seus padrões, os recortaram e os dobraram. Os exemplos a seguir detalham esse exercício:

- Ex1 utilizou a simetria rotação para desenvolver seu tessellation. Para tanto, dobrou seu padrão, o analisou e o alterou invertendo algumas dobras, acabando por modificar o desenho inicial (Figura 5). Como resultado, o tessellation satisfaz os dois teoremas, a diferença entre as dobras vale e montanha foi igual a dois e a soma dos ângulos alternados foi  $180^\circ$ . Durante o processo, além de se evidenciar a potencialidade do elemento tridimensional como ferramenta de concepção (COSTA, 2013), foi possível observar a relação entre concepção e representação (PERRONE, 2014) e a reflexão na ação (SCHÖN, 2000).

FIGURA 5 - Tessellation Ex1 - Alteração das dobras.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



- Ex2 desenvolveu o tessellation utilizando a simetria deslizamento de reflexão (Figura 6), mas as condições dos teoremas Maekawa<sup>3</sup> e Kawasaki<sup>4</sup> não foram satisfeitas em alguns vértices. Apesar de não ter êxito na definição dos dois tipos de dobras (montanha e vale), o(a) estudante também investigou outras possibilidades sem redesenhar o padrão, busca feita diretamente no papel, ao tentar dobrar o tessellation com a modificação e ou inversão das dobras pré-definidas. Nota-se, assim, que alguns vincos foram criados forçadamente e outros deixados sem dobra (Figura 7).

<sup>3</sup> Arelado ao tipo de dobra que compõem um vértice, o teorema indica que, em qualquer vértice, a diferença entre o número de dobras valley e mountain é sempre dois em qualquer direção.

<sup>4</sup> Trata-se de “um princípio importante na matemática do origami [...], segundo o qual a soma dos ângulos alternados formados por dobraduras em volta de um único vértice em um origami desdobrado será sempre  $180^\circ$ . Isso vale para cada vértice do papel desdobrado de uma figura plana, e não necessariamente de formas não achatadas. [...] Pode-se ver que sempre teremos um número par de ângulos, para cada vértice.” (A MATEMÁTICA..., 2011, s.p.).

- Ex3 escolheu a simetria rotação, mas além de rotacionar seu motivo em torno de um ponto central, resolveu repetir o padrão (motivo rotacionado), utilizando a simetria translação. Ao corroborar a literatura, o trabalho mostrou a percepção do(a) estudante durante o ato de concepção da forma (BOUDON, 2000) e sua reflexão no decorrer do processo (SCHÖN, 2000), resultando no redesenho da proposta. Nesse caso, o teorema Kawasaki foi satisfeito em todos os vértices, embora em algumas situações o teorema Maekawa não tenha sido atendido.

FIGURA 6 - Reprodução do tessellation Ex2.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

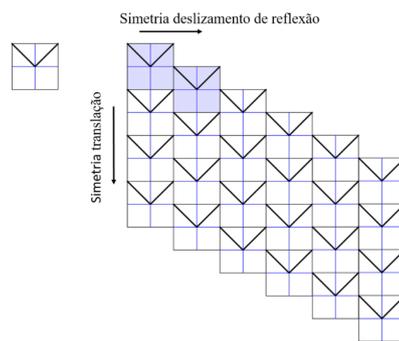
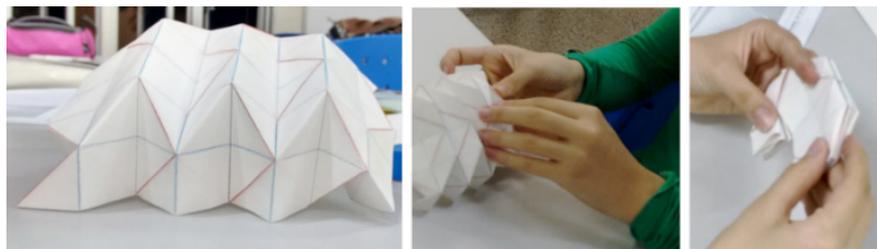


FIGURA 7 - Investigação das dobras.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



- Em Ex4, verificou-se a repetição do modelo a partir das simetrias rotação e reflexão, e atendimento às condições exigidas pelos teoremas Maekawa e Kawasaki (Figura 8).
- Ex5, a princípio, utilizou simetria de reflexão aliada à simetria translação para fazer a repetição do motivo no sentido vertical (Figura 9). Como o trabalho não atendeu aos teoremas Maekawa e Kawasaki, em alguns vértices a dobra foi impossibilitada.

FIGURA 8 - Reflexão e rotação.

Fonte: Aluna A4, adaptada pela autora, 2015.

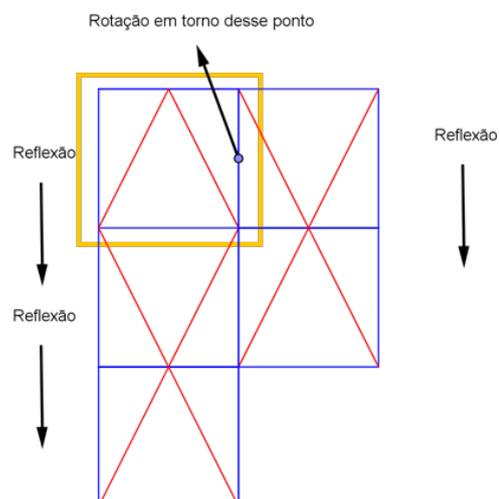
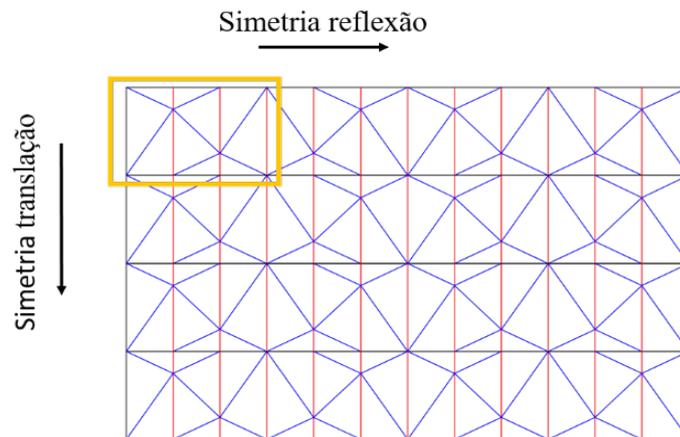


FIGURA 9 - Motivo e simetrias utilizadas por Ex5.

Fonte: Aluna A5, adaptada pela autora, 2015.



### Resultado da quarta oficina

Nessa oficina, os alunos voltaram a trabalhar com origami e, a partir de diagramas, criaram prismas retos de bases variadas que geraram sólidos compostos para subsidiar a última atividade, desenvolver um elemento arquitetônico, cujo tema era livre (Figura 10). Na ocasião, foi solicitado que explicassem suas propostas e informado que poderiam utilizar qualquer conhecimento adquirido nos exercícios realizados anteriormente.

FIGURA 10 - Prismas e sólidos compostos.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



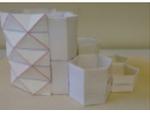
Ao retomar os exemplos relatados anteriormente e sintetizados na Quadro 2, ressaltamos que:

- Ex1 desenvolveu seu elemento arquitetônico a partir da criação de um sólido composto por quatro prismas de base triangular e um de base hexagonal (conteúdo da penúltima oficina), aos quais adicionou elementos curvos criados na ocasião, explicando o trabalho como inspirado em “[...] um nascer do sol por entre as montanhas [...]”. Portanto, realizou um processo de concepção mimético, no qual fez uma analogia visual a formas naturais.
- Ex2 usou como suporte as atividades de desenvolvimento de prismas e a oficina de tessellations. Trata-se de uma proposta significativa, uma vez que o(a) aluno(a) criou cilindros que ele não havia trabalhado anteriormente, além de reaproveitar seu padrão de dobras (que não havia dado certo como um tessellation) para criar um elemento de destaque em sua composição. Em termos propositivos, afirmou ter se “[...] inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, [...]”. A geometria também se faz presente em seu discurso; “[...] externamente, ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, [...]”.

- Ex3 compôs um elemento arquitetônico, utilizando o conteúdo da oficina de geração de prismas, mas não acrescentou nenhum elemento novo. Fez três prismas de base quadrada adicionando paraboloides hiperbólicas (desenvolvidas na oficina tessellation) como cobertura, e dois prismas de menor altura de base pentagonal - em seu discurso equivocadamente afirmou ter feito hexágonos. Percebemos que o(a) mesmo(a) apenas se inspirou nas técnicas de dobraduras para realizar sua proposta arquitetônica, um shopping.
- Ex4 igualmente se inspirou nas técnicas de dobraduras, sendo esta mais rica do que a anterior, uma vez que a cobertura é um tessellation criado pelo(a) próprio(a).
- Na proposta desenvolvida por Ex5, não foi criado um elemento novo, correspondendo a uma composição de prismas de várias bases. Nela, encontramos mimetismo (uma analogia visual de formas naturais, que teria se “inspirado na forma usada pelas abelhas”), geometria (“seis hexágonos que dobram de tamanho cada vez que se afastam da entrada”) e técnicas de dobraduras (um volume seccionado baseado na forma-x).

QUADRO 2 - Elemento arquitetônico explicado pelo(a) estudante.

Fonte: acervo da pesquisa, 2015.

ALUNOS	DISCURSO DO(A) AUTOR(A)	MAQUETES
Ex1	"O elemento arquitetônico é um centro de exposições tropicais. Inspirado em um nascer do sol por entre as montanhas, o elemento conta com um espaço mais aberto para shows ou exposições ao ar livre e uma parte interna com várias salas."	
Ex2	"Meu elemento arquitetônico é uma escola para crianças autistas. Externamente ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, adquirindo uma estrutura mais leve e atraente para as crianças. Além disso, há um ornamento de fachada, inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, além de ser uma parte cobertura; [...]interiormente, o cilindro menor é um espaço livre, com salas de jogos, brinquedotecas e todo espaço restante construído e elaborado de forma a dar liberdade de expressão as crianças. O cilindro maior é destinado às salas de aula, bem diferentes das convencionais, com espaços abertos e interativos."	
Ex3	"Minha Proposta é um shopping, com as partes hexagonais abertas, sendo a praça de alimentação e quiosques nesse espaço."	
Ex4	"As colunas em formas triangulares de acordo com a cobertura." "A área X serve como um espaço lúdico, usado para bares/lounges ou a área externa de um restaurante."	
Ex5	"O objeto arquitetônico é composto com 6 hexágonos que dobram de tamanho cada vez que se afastam da entrada e na parte de trás uma sétima forma em contato face a face, um volume seccionado baseado na forma-x. Inspirado na forma usada pelas abelhas, há um espaço hexagonal no centro para minicursos abertos, o elemento arquitetônico foi concebido para ser um centro de desenvolvimento de tecnologia espacial."	

Ao retomar os exemplos relatados anteriormente e sintetizados na Quadro 2, ressaltamos que:

- Ex1 desenvolveu seu elemento arquitetônico a partir da criação de um sólido composto por quatro prismas de base triangular e um de base hexagonal

(conteúdo da penúltima oficina), aos quais adicionou elementos curvos criados na ocasião, explicando o trabalho como inspirado em “[...] um nascer do sol por entre as montanhas [...]”. Portanto, realizou um processo de concepção mimético, no qual fez uma analogia visual a formas naturais.

- Ex2 usou como suporte as atividades de desenvolvimento de prismas e a oficina de tessellations. Trata-se de uma proposta significativa, uma vez que o(a) aluno(a) criou cilindros que ele não havia trabalhado anteriormente, além de reaproveitar seu padrão de dobras (que não havia dado certo como um tessellation) para criar um elemento de destaque em sua composição. Em termos propositivos, afirmou ter se “[...] inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, [...]”. A geometria também se faz presente em seu discurso; “[...] externamente, ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, [...]”.
- Na oficina Origami e na primeira atividade da oficina Tessellation igualmente não foram verificados problemas.
- Durante todo o processo, a maior dificuldade encontrada pelos alunos foi a criação de um padrão de dobras, a quarta atividade da referida oficina, o que provavelmente se relacionou ao tempo reduzido para sua realização. Talvez, o resultado fosse melhor caso houvesse mais uma aula destinada à correção dos padrões de dobras criados, reduzindo equívocos, principalmente os relacionados ao teorema Maekawa.
- A última oficina ‘Desenvolvimento de um Elemento Arquitetônico’ apresentou resultados satisfatórios, indicando a eficiência do minicurso.

Diante destes resultados, é possível afirmar que o uso de técnicas de dobradura revelou ser uma ferramenta adequada ao começo do curso de Arquitetura, a ser usada, principalmente, no componente curricular Geometria Gráfica 01, para desenvolver a visualização formal dos alunos ingressantes, e, de forma integrada, na disciplina introdutória de projeto (Espaço e Forma 01). Nesse sentido, notou-se que: (i) a atividade “Papel Dobrado e Perfurado” mostrou-se importante para o desenvolvimento da visualização formal dos alunos; (ii) a atividade “Planificação e Desenvolvimento de Sólidos”, manifestou-se como potencialmente indicada para fixar o conteúdo vistas ortográficas da geometria descritiva e, conseqüentemente, também facilitando o desenvolvimento da concepção formal; (iii) esses dois exercícios da oficina visualização formal são exemplos de possibilidades de integração entre os componentes curriculares Geometria Gráfica 01 e Espaço e Forma 01; e (iv) embora tenha sido a mais desafiadora para os alunos (maior grau de dificuldade), a terceira oficina (tessellation) foi a que mais ofereceu possibilidades de criação.

## Continuidade das Oficinas

A criação do elemento arquitetônico (último exercício dos minicursos) subsidiou um exercício adicional, aplicado no componente curricular Espaço e Forma 01, primeira disciplina na linha de Projeto Arquitetônico ministrada no curso em questão. Para testar a utilização dos conhecimentos adquiridos no minicurso em propostas elaboradas em outro contexto, em um exercício em classe os alunos receberam folhas de papel e lhes foi solicitado que fizessem uma proposta para um pórtico a ser colocado para marcar a entrada de um conjunto arquitetônico. Eles poderiam manipular o material conforme considerassem necessário: cortar, amassar, colar, dobrar, etc. O experimen-

to teve a duração de três horas (tempo de aula), no qual deveriam desenvolver uma maquete de concepção, desenhar a proposta (vista de topo e volumetria esquemática) e produzir um parágrafo de texto explicando o trabalho realizado e indicando a(s) fonte(s) de suas ideias.

A análise do material produzidos, sobretudo das maquetes, evidenciou o uso do papel da dobra como recurso de concepção, mesmo que de forma aleatória/intuitiva. Verificou-se, assim, que, apesar de não ter sido mencionada por vários alunos, as técnicas de dobradura trabalhadas no minicurso se fizeram presentes em suas propostas (Quadro 3), reproduzindo (ao menos parcialmente) alguns dos exercícios trabalhados nos minicursos. Tal fato aponta para a potencialidade do seu emprego como ferramenta de concepção formal nos primeiros períodos do curso de graduação, sobretudo se isso acontecer de modo orientado e como exercício aplicado no componente curricular.

Código	Maquetes	Observações
Ex4		Efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel.
Ex5		Apesar de não mencionar no discurso, a aluna utilizou a dobra para definir os pilares. Além disto, o conceito de continuidade é observado na cobertura.
Ex7		Neste caso, também, tem-se a utilização da dobra de maneira aleatória. O aluno conseguiu o efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel, com a intenção de quebrar a rigidez.
Ex14		Ressalta-se a dobra que definiu o cone.
Ex20		Efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel.
Ex21		Neste exemplo as ondas foram representadas por meio das dobras valley e mountain.

QUADRO 3 - Quadro 3- O uso da dobra de forma aleatória no exercício G.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

## Conclusões

A pesquisa realizada mostrou que o ensino de “Técnicas de Dobraduras” é indicado para atender ao propósito de introduzir o aluno no exercício de concepção arquitetônica a partir do conceito de dobras, notadamente por meio de exercícios de visualização e criação formal, com os apresentados nesse artigo. Nota-se, ainda, que os estudantes podem ser introduzidos nesse universo tanto no âmbito de componentes curriculares regulares das áreas de Representação e Linguagem, quanto de modo mais informal como minicursos ou oficinas.

Nesse campo vale salientar a importância do uso da maquete elaborada manualmente (de papel, isopor ou outros materiais) nas atividades com estudantes iniciantes do curso de AU. Tal recurso facilita a expressão das ideias dos estudantes iniciantes em um momento em que o domínio das técnicas de representação e dos processos de abstração necessários ao ato da criação ainda são incipientes. Portanto, nessa fase do curso, a opção por valorizar o raciocínio concreto por meio do manuseio do papel, ou seja, utilizando a dobradura para criar um elemento arquitetônico, mostrou ser uma experiência didático-propedêutica adequada, principalmente quando relacionada à introdução ao projeto arquitetônico.

## Referências

ARREDONDO, E. H. Tratamiento Instrumental de la Percepción Espacial, en Tareas de Predicción. In: **V CONGRESO SOBRE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA ASISTIDA POR COMPUTADORA**, 5. Anais .... Costa Rica: ITCR. 2007, p. 1-8. Disponível em: <<http://docplayer.es/77256483-Tratamiento-instrumental-de-la-percepcion-espacial-en-tareas-de-prediccion.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

BEECH, R. **The practical illustrated encyclopedia of origami: the complete guide to the art of paperfolding**. London: Lorenz Books, 1982, 258p.

BOAKES, N. **Origami and Spatial Thinking of College-Age Students**. In: WANG-IVERSON, P.; LANG, R. J.; YIM, M. (Orgs.) **Origami 5 Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education**. New York: CRC Press. 2011, p.173-187.

BOUDON, P. et al. **Enseigner la Conception Architecturale - Cours D'Architecturologie**. Paris: Villette. 2000. 291p.

COSTA, J. F. de M. **Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na educação do arquiteto urbanista**. Natal: UFRN, 2013, 235p.

DILIGENTI, M. P. **A geometria da complexidade**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 170p.

FLORIO, W. e TAGLIARI, A. **Projeto, criatividade e metáfora**. Arquitetura Revista, v. 5, n. 2, p. 92-110, jul./dez. 2009.

HARMAN, H. H et al. **Manual for kit of factor-referenced cognitive tests**. Princeton: Educational Testing Service, 1976, 224p.

JACKSON, P. **Folding techniques for designers from sheet to form**. London: Laurence King Publishing, 2011, 224p.

KOWALTOWSKI, D. C. K.; Gouveia, A. P. S.; CAMARGO, A.L.N. Analogia e abstração no ensino do projeto em arquitetura. In: **15 SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO / 4 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN**. Anais .... São Paulo: USP, 2001, p.1092-1101.

LIMA, M. M. F. de. **A potencialidade das técnicas de dobraduras no processo de concepção.** In: SEMINÁRIO PROJETAR 2015. Anais.... Natal: UFRN, 2015, p. 1-15. Disponível em: <<http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/bitstream/123456789/2096/1/P415.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

LOURENÇO, R. da C. **Origami: arte de dobrar papel.** Porto de mós/Portugal: ISSUU, 2011, 47p. Disponível em: <[https://issuu.com/ricardo\\_cl/docs/projecto\\_paginadofinal](https://issuu.com/ricardo_cl/docs/projecto_paginadofinal)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PERRONE, R. A. C.; Heliana C. V. (Org.). **Fundamentos de projeto: Arquitetura e Urbanismo.** São Paulo: EDUSP, 2014.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem.** Porto Alegre: Artmed, 2000. 256p.

SILVA, M. E. N.; SOUZA, J. L. **Dobrando também se aprende: construindo com os alunos da EJA a geometria de papel.** Norte Científico, Período de divulgação científica do IFRR, Roraima, v.4, n.1, p.113 -128, dez. 2009.

SILVEIRA, J. E. C. **Investigação de Metodologia de Ensino de Geometria Descritiva: uma experiência com estudantes de arquitetura e urbanismo.** In: GERALDINE, J. R. Jr., LANCHOTI, J. A.; SOUZA, R. T. de (Orgs.) **1ª Mostra Nacional de Boas Práticas Pedagógicas no ensino de Arquitetura e Urbanismo: Menções Honrosas e Diplomas de Mérito Especial.** Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura: Brasília/DF, 2008, p. 33-36.

UENO, T. R. **Do origami tradicional ao origami arquitetônico: uma trajetória histórica e técnica do artesanato oriental em papel e suas aplicações no design contemporâneo.** Bauru: UNESP. 2003. 103p.

KAWANO, C. **A matemática do Origami.** 2011. Disponível em: <<http://engenheirocalwill.blogspot.com.br/2011/06/matematica-do-origami.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

DEMAINE, E.; DEMAIN, M. **History of Curved Origami Sculpture.** 2015. Disponível em: <<http://erikdemaine.org/curved/history/>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 13/12/2017 APROVAÇÃO: 11/05/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

MÔNICA MARIA FERNANDES DE LIMA, MAÍSA FERNANDES DUTRA VELOSO E GLEICE AZAMBUJA ELALI

## Paper Folding as an aid to visual perception and to the conception of architectural forms

*A dobradura de papel no auxílio à percepção visual e à concepção da forma  
arquitetônica*

**Mônica Maria Fernandes de Lima**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo (1985), mestre em Engenharia Mecânica (1990) e doutora em arquitetura e urbanismo (2017) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Começou sua carreira acadêmica em 1994 na Universidade Potiguar e em 1996 ingressou na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, hoje é professora adjunta do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Desenvolve estudos na área de Representação e Linguagem e ministra as disciplinas de Representação Gráfica de 2005 a 2018.

*Undergraduate in Architecture and Urban Planning (1985), Master's degree in Mechanical Engineering (1990) and Ph.D. in Architecture and Urban Planning(2017) by the Federal University of Rio Grande do Norte. She began her academic career in 1994 at the Potiguar University and in 1996 she joined the Federal University of Rio Grande do Norte and is now an adjunct professor of the Architecture and Urban Planning Course. She develops studies in the area of Representation and Language and teaches the disciplines of Graphic Representation from 2005 to 2018.*

**monicamfl@gmail.com**

**Maísa Fernandes Dutra Veloso**

Possui graduação em Arquitetura pela Universidade Federal de Pernambuco (1985), mestrado em Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (1992) e doutorado em Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). Fez pós-doutorado na École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Atualmente, é Professora Titular do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), atuando na graduação e nos Programas de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (mestrado acadêmico e doutorado) e em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente (Mestrado Profissional).

*Undergraduate in Architecture by the Federal University of Pernambuco (1985), Master's degree in Urban Development by the Federal University of Pernambuco (1992) and Ph.D. in Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). She did postdoctoral École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Currently, she is a Professor of the Architecture Department of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), working in the undergraduate and postgraduate programs in Architecture and Urban Planning (academic master's and doctorate) and in Architecture, Design, and Environment Professional Master's).*

**maisaveloso@gmail.com**

**Gleice Azambuja Elali**

Arquiteta e Urbanista (UFRN, 1982), psicóloga (UFRN, 1987), mestre e doutora em Arquitetura e Urbanismo (USP, 1996, 2002). Docente na UFRN desde 1994, atualmente é professora e pesquisadora nas áreas de projeto de arquitetura e psicologia ambiental.

*Architect and Urban Planner (UFRN, 1982), psychologist (UFRN, 1987), master's degree and PhD in Architecture and Urban Planner (USP, 1996, 2002). Professor in UFRN since 1994 actually is teacher and researcher in areas of Architectural Project and Environmental Psychology.*

**[gleiceae@gmail.com](mailto:gleiceae@gmail.com)**

**Abstract**

In contemporary university education, learning must be experienced as the result of a process of continuous construction, in which learning takes place through dynamic search processes and must be acquired in an integrated way. This paper is a cross-section of a doctoral research that presents paper folding techniques as an aid to the development of visual perception and the formal conception of the students in the first year of the architecture and urbanism course. It is understood that the folding techniques are instruments able to collaborate with the apprehension of the knowledge of the geometry and to promote the development of the abilities related to the visualization and conception of the form. Thus, in order to discuss the potential of the fold as a tool that favors the creation process, workshops were held with undergraduate students in Architecture and Urbanism, in which Paper Folding, Surface Development, Origami and Tessellation techniques were applied. This article briefly summarizes the results of the experiments carried out in these workshops in order to demonstrate the importance of the use of paper folding in the teaching / learning process in the initial design disciplines. We verified the potential of the fold as a tool of conception, since it allowed: the exploration of the concept of continuity and complexity; the favoring of the creation process and the optimization of the teaching / learning relationship. These results indicated the potentiality of the use of the paper model and the function of the workshops as experiences capable of favoring the design processes. Besides these factors, it was possible to perceive the presence of mimicry and geometry in the initial moments of conception of the form, through an integration exercise, defined by the methodology. These results supported the recommendations for the teaching of architectural design focused on the initial periods.

**Keywords::** Teaching. Project. Folding. Visual Perception. Formal Conception.

**Resumo**

No ensino universitário contemporâneo, a aprendizagem precisa ser vivenciada como fruto de um processo de construção contínuo, no qual o aprender ocorre por meio de processos dinâmicos de buscas e deve ser adquirido de forma integrada. O presente artigo é um recorte de uma pesquisa de doutorado já concluída, que analisa técnicas de dobradura em papel como instrumento de auxílio ao desenvolvimento da percepção visual e da concepção formal dos alunos no primeiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo. Entende-se que as técnicas de dobraduras são instrumentos capazes de colaborar com a apreensão do conhecimento da geometria e promover o desenvolvimento das habilidades relacionadas à visualização e concepção da forma. Assim, a fim de discutir o potencial da dobra como ferramenta que favorece o processo de criação, oficinas foram realizadas com estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo, nas quais foram aplicadas técnicas de Paper Folding, Surface Development, Origami e Tessellation. Este artigo apresenta parte dos resultados das experimentações realizadas nessas oficinas. Verifica-se o potencial da dobra como ferramenta de concepção, uma vez que permitiu: a exploração do conceito de continuidade e complexidade; o favorecimento do processo de criação e a otimização da relação ensino/aprendizagem. Os referidos resultados indicaram a potencialidade do uso da maquete de papel e a função das oficinas como experiências capazes de favorecer os processos de concepção. Além destes fatores, foi possível perceber a presença do mimetismo e da geometria nos momentos iniciais de concepção da forma, por meio de um exercício de integração, definido pela metodologia. Estes resultados fundamentaram as recomendações para o ensino de projeto de arquitetura voltado para os períodos iniciais.

**Palavras-chave:** Ensino. Projeto. Dobradura. Percepção Visual. Concepção Formal.

## Introduction

The revision of the literature has indicated that students usually present difficulties in understanding the contents of the geometry classes in the first semesters of the Brazilian Architecture and Urbanism undergraduate degree courses. It has also been noticed, in some cases, a limited integration of the contents between the areas of "Representation and Language" and "Architectural project", which impairs the understanding of bidimensionality and tridimensionality by the students. Therefore, conceiving the issues of spatiality is one of the great difficulties faced by Architecture undergraduates in Brazil.

Given this context, we advocate for a revision of the teaching of geometry applied to Architecture, considering that, in the undergraduate courses, it still is mostly practiced in a traditional manner. In this sense, Marcos Pereira Diligenti (2006, p. 12) recommends "a reevaluation and a transformation of the path of conceiving a scientific object usually constructed in this area, as well the deriving pedagogical approaches that are constituted from this parameter of understanding science." Moreover, the author proposes the vitalization of the teaching of geometry by an integrated analysis, pointing out the need of a reflection regarding this aspect, both in terms of the elaboration of the undergraduate course syllabus, and in the definition of pedagogical activities.

By pointing the paths to be taken in the vitalization of the teaching of geometry, José Euzébio Costa Silveira (2008) talked about some issues related to the traditional way of teaching the discipline of descriptive geometry (such as the approach dissociated from architecture and from the professional practice; the discipline being categorized as theoretical; exercises with isolated geometrical shapes; and the bibliography, which is difficult to understand). The author has proposed the following alternatives to this model: the presentation of examples that simulate the practice of architecture; the exploration of the abstract contents through tridimensional models, which can be seen as architectural elements; the proposal of solutions of building covers from the content of intersection of planes; and studies of shadow, using plants and façades.

Students' difficulties in this field are also due to the fact that the ability of spatial reasoning has not been sufficiently developed in elementary and high schools. Although software with resources such as "moving drawings" may be tools capable of promoting solutions for those difficulties in assimilating the geometrical and mathematical properties regarding spatiality, manual and ludic activities cannot be overlooked, because they facilitate learning through malleability, allowing students to perform a content acquisition process starting from the concrete to reach the abstract, while enjoyable and fun practices evoke their interest. Therefore, the application of exercises with mock-ups, using paper folding techniques, may stimulate students' creativity.

According to Rick Beech (1982, p. 10), "paper folding originated in China around the 1st or 2nd century AD and reached Japan in the 6th century[...]"<sup>1</sup> and from the 8th century onwards, paper folding began to be used in Shintoist ceremonies, representing deities worshipped by the Japanese. Thaís Regina Ueno (2003) states that, in the 8th century AD, the Moors had already employed paper folding techniques in the teaching of geometry. In 1797, the first written instructions were published in the work "Senbaruzu Orikata" (How to Fold a Thousand Herons). In the beginning, this technique was transmitted from parents to their children and, in 1876, it started being taught in Japanese schools. Ricardo Lourenço (2011, p. 27) says that "in Japan, in the middle of the 19th century, origami began to be applied as a teaching resource in artistic education".

<sup>1</sup> From the original : "Paper folding originated in China around the 1st or 2nd century AD, and reached Japan in the 6th century." (BEECH, 1982, p.10).

According to him, "origami applied in education in Japan was greatly influenced by Wilhelm August Fröbel (1782-1852), a German educator who used paper folding to develop geometrical shapes" (2011, p. 27). However, after World War I, origami classes were eliminated from Japanese schools.

Origami has also been employed as a teaching tool at Bauhaus, the German school of architecture and design. As Erik Demaine and Martin Demaine would see it, "the earliest known reference of curved-crease sculpture is from a student's work at the Bauhaus, from a preliminary course in paper study taught by Josef Albers in 1927-1928<sup>2</sup>" (2015, s.p.).

Contemporarily, paper folding techniques are explored in several fields of knowledge and they have contributed to technological advances, as it can be noticed through the relationships between origami, mathematics and science that happen today.

*Besides the field of architecture and design, paper folding techniques have contributed to the technological evolution by promoting solutions for problems in space engineering, mechanics and medical sciences. This fact has occurred due to the intersections between origami, mathematics and science discovered by Robert Lang, a north-American physicist and origamist who classified the aforementioned paper folding technique in three categories: mathematical origami, which describes the basic laws of origami; computational origami, algorithms and theories dedicated to problem solution; and technological origami, paper folding for the solution of problems that arise in engineering, industrial design, and technology in general. Since then, paper folding techniques have favored the creativity and originality potential in contemporary projects in the aforementioned fields. (LIMA, 2015, p. 3)*

Considering the questions presented above, as well as our experience in teaching Graphical Geometry 01 and our participation in congresses and events in this field, we understand that this subject can be dealt with in an integrated manner between the contents of the syllabus of the "Representation and Language" and "Architectural Project" areas.

In a doctorate research which is already concluded, it has been verified the potential of geometry and, more specifically, of paper folding techniques as an auxiliary instrument to visual perception and shape conception in the first year of the Architecture and Urbanism undergraduate degree course of the Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil, where we teach. With the present study, we hope to contribute to the advancement of the area of geometry applied to the project – a determining field in the formation of the architect – from an investigation guided by integration and aimed to enhance the students' knowledge.

## Methodological procedures

Based on a bibliographic research on the themes "geometry teaching", "architectonic project teaching", and "paper folding techniques", the empirical research corresponded to a case study which was performed in Architecture and Urban Planning course at Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), and which happened through mini-courses – named "Paper Folding Techniques" – whose aim was to investigate the participants' shape reasoning skills and to present paper folding as a technique

<sup>2</sup> From original "The earliest known reference of curved-crease sculpture is from a student's work at the Bauhaus, from a preliminary course in paper study taught by Josef Albers in 1927-1928." (HISTORY..., 2015, s.p.).

(material folding, that is, paper folding) and as a possibility for beginner students to develop shape conception. The twelve-hour activity was divided in sessions and was composed of four workshops (described below), which explored the utilization of the techniques.

- Paper folding – a test that uses folding on a square, perforated paper;
- Surface development – a test based on the imagination and/or visualization of a folding from the planning of an object, created by Harry H. Harman et al. (1976), employed for the development of shape reasoning;
- Origami (and its variations) – Japanese art of paper folding.

At the beginning and at the end of each mini-course, the students answered questionnaires. First (before the workshops), the aim was to investigate whether, when joining the course, the students had practiced any activity that required shape reasoning abilities and influenced the results of the applied exercises. This questionnaire was based on Norma Boakes (2011), having investigated basic demographic information about the student and their involvement in activities linked to the "shape reasoning" skill. In adapting the instrument to the local reality, ethnicity was ignored due to the low incidence of foreign students at the beginning of the studied course, particularly of those originating from Eastern countries, where the practice of origami is more widespread. After the workshops, students answered another questionnaire in order to evaluate the applied tests and to indicate the difficulties they had experienced.

## First workshop: paper folding and shape reasoning

Based on the reference tests and in the activities presented by Elizabeth Hernández Arredondo (2007), two exercises were performed in the first workshop.

- Exercise 1: starting with square papers, the students folded and perforated them once. Then, they drew the result before unfolding the paper. They were asked to perform three exercises with one, two, and three folds. This type of exercise required concentration in the folding phase and shape reasoning while drawing the result of the perforation, besides notions of two geometric concepts: reflection and symmetry.
- Exercise 2: surface development test was taken as reference, as well as its computerized version. It consisted of the planning of an object, but, instead of numbers, colors – which should be identified in the perspective – were used in the edges. From the alternatives presented, the student had to choose which ones correctly informed the position of the edges marked in the planning.

### Second workshop: origami

To introduce the basic notions of origami, two exercises were performed, in order to familiarize students with diagram reading.

The first exercise was about building a triangular surface, created with square paper to produce a tetrahedron, a pyramid, and their connecting pieces.

The second exercise was about building the connecting pieces necessary for the construction of the tetrahedron and the square-based pyramid.

**Third workshop: Tessellation**

Since the patterns employed in the paper folding projects are essentially defined through symmetries, four basic types of bidimensional symmetry were used in this workshop: translation, reflection, rotation and reflection sliding.

**Fourth workshop: architectonic element**

In the fourth workshop, students used paper folding techniques to create an architectonic element. One of the exercises performed in this workshop was as follows: based on the technique of origami paper folding, students made straight prisms with varied bases to create a composite solid with the juxtaposition of its lateral surfaces.

## First workshop: paper folding and shape reasoning

The teaching experiences took place in 2015 and 2016 (Table 1), comprising a total of 65 students, most of them female and aged between 19 and 23 years old. The investigation of the precedents informed, on the one hand, little previous involvement of the participants with paper folding, planning and modeling of solids and origami; few students revealed having some experience with origami. On the other hand, most of the students declared dealing with electronic games, drawing, painting, and other activities that require the use of shape reasoning skills of 2D or 3D objects. In the end, it was verified that: the paper folding activity was considered of moderate difficulty; the planning and building of the solids was considered relatively easy; there was some difficulty with the origami activity. The most significant difficulty was related to the Tessellation workshop, due to the complexity of the use/employment of the technique, which was expected, considering that its development requires more time.

The results below will be reported together and illustrated by situations which were observed during the process. In order to facilitate reading, we have chosen to illustrate the results by using the presentation of works done by some students, who will be identified as numerically ordered "examples" (Ex1, Ex2 etc.).

**TABLE 1 – Teaching experiences performed.**

Source: Research resources, 2016.

Experiment	Period	Participants
1	26 a 29/10/2015	Início: 6 Final: 5
2	11/11/2015	22
3	17 e 18/03; 21 e 22/03/2016	16
4	06/04/2016	21

**The result of the first workshop**

The "folded and perforated paper" and "planning and development of solids" activities (figures 1 and 2) were understood without any difficulties by the students. In the former activity, students folded and perforated the paper (figure 1, left). Then, they drew their folds (figure 1, center) and imagined the result by drawing how the paper would appear unfolded (figure 1, right).

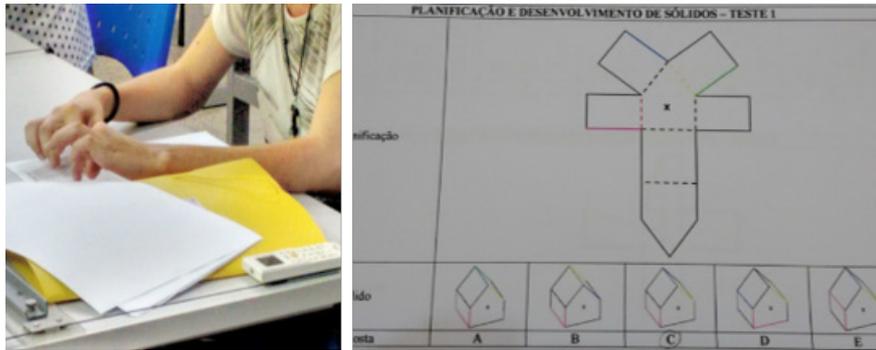
FIGURE 1 - Folded and perforated paper activity.

Source: Research archives, 2015.



FIGURE 2 - Planning and development of solids.

Source: Research archives, 2015.



**Result of the second workshop**

In order to get acquainted with the symbology and the types of folds through the reading of the step-by-step of the origami diagrams (figure 2), the participants built a square-based pyramid from the diagram presented by Maria Evanir Nogueira da Silva (2009).

FIGURE 3 - Construction of a pyramid

Source: Research archives, 2015.

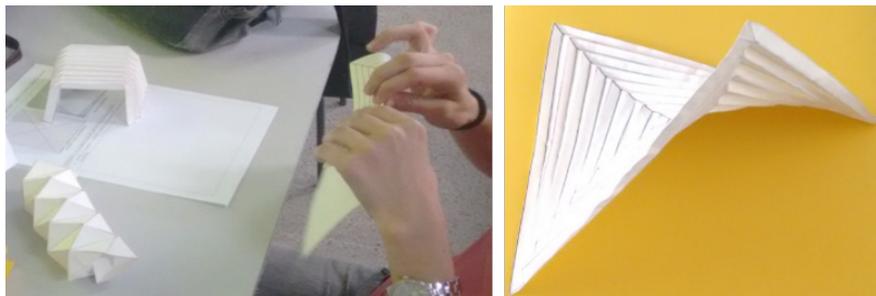


**Result of the third workshop**

The Tessellation workshop had as theoretical reference the book Folding Techniques for designers (Jackson, 2011), and comprised three exercises: a cylindrical section called x-form by the author, a plane ceiling through the use of two lines of V-folds, and a hyperbolic parable (figure 4).

FIGURE 4- X-form, plane ceiling and hyperbolic parable.

Source: Research archives, 2015

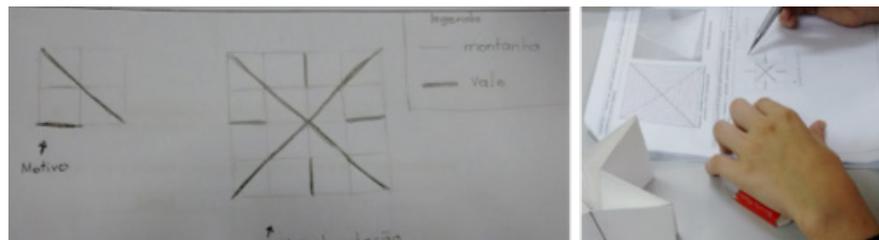


The fourth exercise was the creation of a pattern of repetition from the Tessellation folding technique. Students were asked to describe the employed elements and geometrical operations. The process began with the definition of a motif for choosing a symmetry in order to determine the folding pattern. Afterwards, students decided the types of folds, mountain and valley, from Maekawa's<sup>3</sup> and Kawasaki's<sup>4</sup> theorems. Later, they drew their patterns on a piece of paper, which were then cut and folded. The following examples detail this exercise:

- Ex1 used the rotation symmetry to develop his Tessellation. In order to do so, he folded his pattern, analyzed it and altered it by inverting some folds, then ended up modifying the initial drawing (figure 5). As a result, the Tessellation satisfied both theorems, the difference between the valley and mountain folds was equal to 2, and the sum of the alternate angles was 180°. During this process, besides evidencing the potential of the tridimensional element as a conception tool (Costa, 2013), it was possible to observe the relationship between conception and representation (Perrone, 2014), and the reflection in the action (Schön, 2000).

FIGURE 5- Tessellation Ex1 -  
Alteration of the folds.

Source: Research archives, 2015.



- Ex2 developed the Tessellation using the reflection sliding symmetry (figure 6), but the conditions of the Maekawa's and Kawasaki's theorems were not satisfied in some vortexes. Although the student was not successful in the definition of the two types of folds (mountain and valley), he also investigated other possibilities without redrawing the pattern. The investigation was performed directly on the paper when trying to fold the Tessellation by modifying or inverting the predefined folds. It can be noted, therefore, that some creases were forcibly created and that others were left unfolded (figure 7).

- Ex3 chose the rotation symmetry, but, besides rotating his motif around a central point, he decided to repeat the pattern (rotated motif), using the translation symmetry. Corroborating literature, the work showed the student's perception during the conception of the form (Boudon, 2000) and his reflection during the process (Schön, 2000), resulting in a redesign of the proposition. In this case, Kawasaki's theorem was satisfied in all vortexes, although, in some situations, Maekawa's theorem was not satisfied.

<sup>3</sup> Tied up to the type of folds that compose a vortex, the theorem indicates that the difference between the number of valley and mountain folds is always two in any direction in any vortex.

<sup>4</sup> This is "an important principle in the mathematics of origami [...], according to which the sum of the alternate angles formed by the folds around a single vortex in an unfolded origami will always be 180°. This holds true for every vortex on the unfolded paper of a plane figure, and not necessarily to the non-flat shapes [...]. It can be seen that we will always have an even number of angles for each vortex." (A MATEMÁTICA..., 2011, s.p.).

FIGURE 6- Reproduction of Tessellation Ex2.

Source: Research archives, 2015.

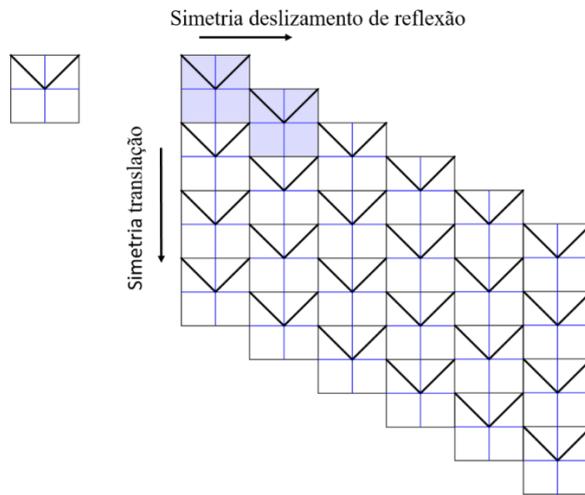
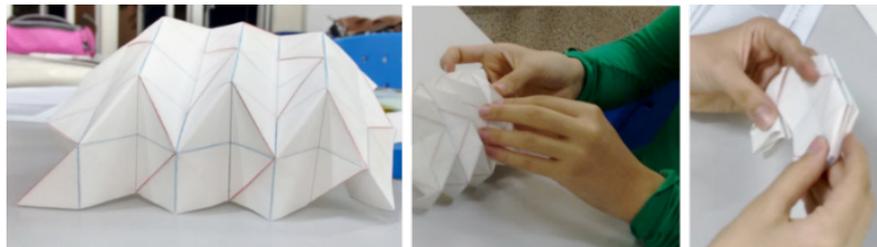


FIGURE 7- Investigation of the folds.

Source: Research archives, 2015



- With Ex4, the repetition of the model was verified through the rotation and reflection symmetries, as well as the fulfillment of the conditions of Maekawa's and Kawasaki's theorems (figure 8).
- Ex5, at first, used reflection symmetry, as well as translation symmetry, to make the repetition of the motif in the vertical direction (figure 9). Since his work did not fulfill Maekawa's and Kawasaki's theorems, the folding was impossible in some vortices.

FIGURE 8- Reflection and rotation.

Source: Student A4, adapted by the author, 2015.

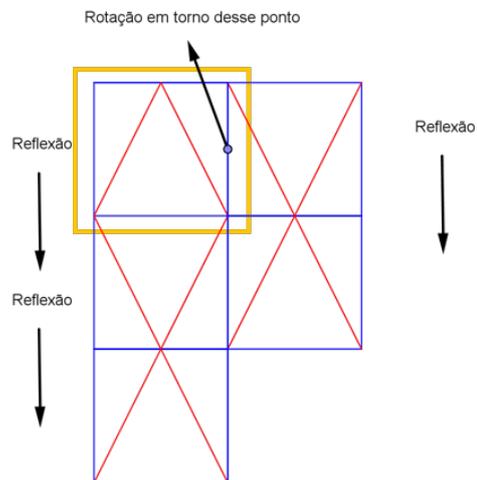
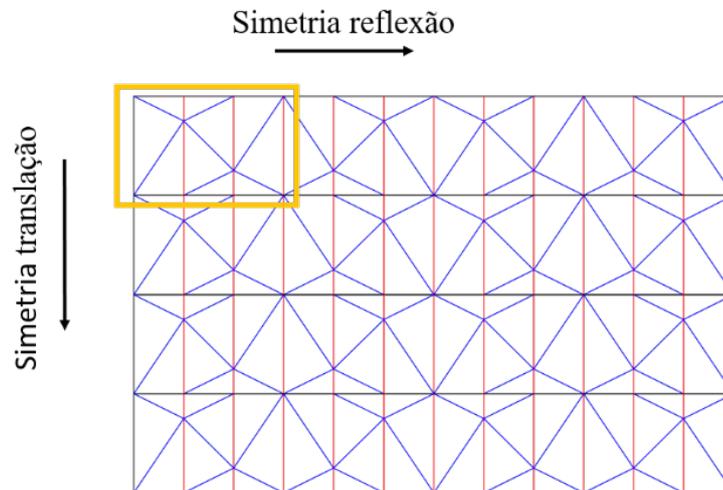


FIGURE 9- Motivo e simetrias utilizadas por Ex5.

Fonte: Aluna A5, adaptada pela autora, 2015.



#### Result of the fourth workshop

In this workshop, students worked again with origami and, from diagrams, created straight prisms with varied bases which generated composite solids to subsidize the last activity: to develop a free-themed architectural element (figure 10). In this activity, students were asked to explain their propositions and were informed that they could use any knowledge they had acquired in the previous exercises.

FIGURE 10- Prisms and composite solids.

Source: Research archives, 2015.



Using the aforementioned examples, which were summarized in Table 2 (below), we emphasize that:

- Ex1 developed his architectural element from the creation of a solid composed of four triangular-based prisms and one hexagonal-based prism (contents of the previous workshop), to which he added curved elements created during the workshop, explaining the work as being inspired in "a sunrise between the mountains". Therefore, he performed a process of mimetic conception, in which he made a visual analogy to natural forms.
- Ex2 used as support the activities of prism development and the Tessellation workshop. This is a significant proposition, since the student created cylinders with which he had not worked previously, besides using his folding pattern (which had not worked as a Tessellation) to create a prominent element in his composition. In propositional terms, he stated that he was "inspired by folding techniques which are reminiscent of birds". Geometry is also present in his speech: "externally, it consists of two separate buildings, whose heights are in a ratio of 1:2, which have a cylindrical shape".
- Ex3 built an architectural element, using the content of the prism generation workshop, but did not add any new elements. He made three square-based prisms adding hyperbolic paraboloids (developed in the Tessellation workshop)

as a roof, and two pentagonal-based prisms with a lower height – in his discourse, he mistakenly stated that he had made hexagons. We have noticed that the student was inspired solely by the folding techniques to construct his architectural proposition, a shopping mall.

- Ex4 was equally inspired in the folding techniques, but his proposition was richer than the previous one, since its cover is a tessellation created by the student.

In the proposition developed by Ex5, a new element was not created, corresponding to a composition of prisms of various bases. We could find mimetism in it (a visual analogy to natural forms, which was "inspired in the shape used by bees"), geometry ("six hexagons that double in size each time they move further from the entrance") and folding techniques (a sectioned volume based in the x-form).

**TABLE 2 - Architectural elements explained by the students.**

Source: Research archives, 2015.

STUDENTS	AUTHOR'S STATEMENT	MOCK-UPS
Ex1	"The architectural element is a tropical expo center. Inspired in a sunrise between the mountains, the element has a more open space dedicated to open-air shows or exhibitions and an internal part with several rooms."	
Ex2	"My architectural element is a school for children with autism. Externally, it consists of two separate buildings, whose heights are in a ratio of 1:2, which have a cylindrical shape, obtaining a lighter and more attractive structure for them. Besides, there is an ornament on the façade, inspired in folding techniques, which remind birds, besides being part of the roof; [...] internally, the smaller cylinder is a free space, with playrooms, toy rooms and all of the remaining constructed space has been constructed and created in order to give freedom of expression to the children. The larger cylinder is destined to the classrooms, which are quite different from the conventional ones, with open, interactive spaces."	
Ex3	"My proposition is a shopping mall, with open hexagonal parts, where the food court and food stands are located."	
Ex4	"The triangular shaped columns are in agreement with the roof." "The X area serves as a ludic space, used for bars/lounges or the external area of a restaurant."	
Ex5	"The architectural object is composed of 6 hexagons which double in size as they move further away from the entrance, and, in the back, a seventh shape in face-to-face contact, a sectioned volume based in the x-form. Inspired in the shape used by bees, there's an hexagonal space in the center for mini open courses. The architectural element was conceived to be a center of development of space technology."	

## Synthesis of the workshops

The data analysis obtained in the minicourses lead to the following conclusions:

- In the "Shape Reasoning" workshop, the "Folded and Perforated Paper" activity surpassed the expectations. It was more easily performed than expected, a fact that is confirmed by the high number of correct executions. In the "Planning and Development of a Solid", exercises 1 and 2 had 100% of correct executions, while tests 3, 4, and 5 had five correct executions each (83,33%). It may be noted, therefore, that the activity was well understood and that students presented a good level of shape reasoning.
- Similarly, no problems were detected either in the origami workshop or in the first activity of the Tessellation workshop.
- During the whole process, the greatest difficulty faced by students was the creation of a pattern of folds, the fourth activity of the aforementioned workshop, which was probably related to the short time dedicated to its execution. Perhaps the results would have been better if there had been another class destined to the correction of the patterns of folds created, reducing mistakes, particularly those related to the Mawekawa's theorem.
- The last workshop, "Development of an Architectural Element", presented satisfactory results, indicating the efficiency of the minicourse.

Considering these results, it is possible to state that the use of paper folding techniques has revealed to be an adequate tool at the beginning of the Architecture undergraduate course, to be used mainly in "Graphic Geometry 01", in order to develop shape reasoning skills in new students and, in an integrated manner, in the introductory project discipline (Space and Shape 01). In this sense, it has been noted that: (i) the "Folded and Perforated Paper" activity has proven to be important to the development of students' shape reasoning skills; (ii) the "Planning and Development of Solids" activity has proved to be potentially indicated to help students learn the content of "orthographic views of descriptive geometry" and, consequently, also facilitating the development of shape reasoning skills; (iii) these two exercises from the "Shape Reasoning" workshop are examples of possibilities of integration between "Graphic Geometry 01" and "Space and Shape 01"; and (iv), although the third workshop (Tessellation) was considered the most challenging for the students (with the highest level of difficulty), it was the one that most offered creative possibilities.

## Follow-up of the workshops

The creation of the architectural element (the last exercise of the minicourses) subsided an additional exercise, applied in "Space and Shape 01" classes, the first discipline of the Architectural Project administered in this course. In order to verify the usage of the knowledge which was acquired during the minicourse in propositions elaborated in a different context, in an exercise done in class, students received pieces of paper and were asked to make a proposition for a portico to be placed at the entrance of an architectural complex. They could manipulate the material however they considered necessary: cutting, crumpling, pasting, folding etc. The experiment lasted 3 hours (the duration of the class), in which they should develop a conception model, draw the proposition (top view and schematic volumetry), and write a paragraph explaining their work and indicating the source(s) of their ideas.

CODE	MOCK-UPS	NOTES
Ex4		Continuity effect acquired with the fold made on the piece of paper.
Ex5		Although not mentioned in her statement, the student used the fold to define the pillars. Besides, the concept of continuity is observed in the roofing.
Ex7		In this case, there is also the random use of the fold. The student achieved the continuity effect acquired with the fold in the paper while aiming at disrupting its rigidity.
Ex14		The folding that has defined the cone is emphasized.
Ex20		Continuity effect obtained with the fold on the piece of paper.
Ex21		In this example, the folds were represented by the valley and mountain folds.

TABLE 3 - Random use of folds in exercise G.

Source: Research archives, 2016.

## Conclusions

The present research has shown that the teaching of "Paper Folding Techniques" is indicated to fulfill the purpose of introducing the student to the exercise of architectural conception from the concept of folds, notably through exercises of visualization and shape creation, like the ones presented in this article. It can also be noted that students may be introduced to this universe not only regarding the regular syllabus of "Representation and Language" areas, but also in a more informal way, such as minicourses or workshops.

In this field, it is worth emphasizing the importance of the use of mock-ups created manually (with paper, styrofoam or other materials) in the activities with beginner students in the Architecture and Urbanism undergraduate degree courses. That resource encourages beginner students to express their ideas in a moment in which mastering techniques of representation and abstraction necessary to the act of creation are still incipient. Therefore, in this phase of the course, choosing to value concrete reasoning skills through paper manipulation, that is, using paper folding to create an architectural element, has proven to be an adequate didactic-propaedeutic experience, especially when it comes to introducing students to the Architectural Project.

## References

ARREDONDO, E. H. Tratamiento Instrumental de la Percepción Espacial, en Tareas de Predicción. In: **V CONGRESO SOBRE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA ASISTIDA POR COMPUTADORA**, 5. Anais .... Costa Rica: ITCR. 2007, p. 1-8. Disponível em: <<http://docplayer.es/77256483-Tratamiento-instrumental-de-la-percepcion-espacial-en-tareas-de-prediccion.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

BEECH, R. **The practical illustrated encyclopedia of origami: the complete guide to the art of paperfolding**. London: Lorenz Books, 1982, 258p.

BOAKES, N. **Origami and Spatial Thinking of College-Age Students**. In: WANG-IVERSON, P.; LANG, R. J.; YIM, M. (Orgs.) *Origami 5 Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education*. New York: CRC Press. 2011, p.173-187.

BOUDON, P. et al. **Enseigner la Conception Architecturale - Cours D'Architecturologie**. Paris: Villette. 2000. 291p.

COSTA, J. F. de M. **Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na educação do arquiteto urbanista**. Natal: UFRN, 2013, 235p.

DILIGENTI, M. P. **A geometria da complexidade**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 170p.

FLORIO, W. e TAGLIARI, A. **Projeto, criatividade e metáfora**. *Arquitetura Revista*, v. 5, n. 2, p. 92-110, jul./dez. 2009.

HARMAN, H. H et al. **Manual for kit of factor-referenced cognitive tests**. Princeton: Educational Testing Service, 1976, 224p.

JACKSON, P. **Folding techniques for designers from sheet to form**. London: Laurence King Publishing, 2011, 224p.

KOWALTOWSKI, D. C. K.; Gouveia, A. P. S.; CAMARGO, A.L.N. Analogia e abstração no ensino do projeto em arquitetura. In: **15 SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO / 4 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN**. Anais .... São Paulo: USP, 2001, p.1092-1101.

LIMA, M. M. F. de. **A potencialidade das técnicas de dobraduras no processo de concepção**. In: **SEMINÁRIO PROJETAR 2015**. Anais.... Natal: UFRN, 2015, p. 1-15. Disponível em: <<http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/bitstream/123456789/2096/1/P415.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

LOURENÇO, R. da C. **Origami**: arte de dobrar papel. Porto de mós/Portugal: ISSUU, 2011, 47p. Disponível em: < [https://issuu.com/ricardo\\_cl/docs/projecto\\_paginadofinal](https://issuu.com/ricardo_cl/docs/projecto_paginadofinal)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PERRONE, R. A. C.; Heliana C. V. (Org.). **Fundamentos de projeto**: Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: EDUSP, 2014.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000. 256p.

SILVA, M. E. N.; SOUZA, J. L. **Dobrando também se aprende**: construindo com os alunos da EJA a geometria de papel. Norte Científico, Período de divulgação científica do IFRR, Roraima, v.4, n.1, p.113 -128, dez. 2009.

SILVEIRA, J. E. C. **Investigação de Metodologia de Ensino de Geometria Descritiva**: uma experiência com estudantes de arquitetura e urbanismo. In: GERALDINE, J. R. Jr., LANCHOTI, J. A.; SOUZA, R. T. de (Orgs.) **1ª Mostra Nacional de Boas Práticas Pedagógicas no ensino de Arquitetura e Urbanismo**: Menções Honrosas e Diplomas de Mérito Especial. Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura: Brasília/DF, 2008, p. 33-36.

UENO, T. R. **Do origami tradicional ao origami arquitetônico**: uma trajetória histórica e técnica do artesanato oriental em papel e suas aplicações no design contemporâneo. Bauru: UNESP. 2003. 103p.

KAWANO, C. **A matemática do Origami**. 2011. Disponível em: <<http://engenheirocalcwill.blogspot.com.br/2011/06/matematica-do-origami.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

DEMAINE, E.; DEMARINE, M. **History of Curved Origami Sculpture**. 2015. Disponível em: < <http://erikdemaine.org/curved/history/>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 04/01/2018 APROVAÇÃO: 03/03/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma online a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

ANGELA DIAS LEÃO COSTA, GISELLE MERINO, EUGENIO MERINO E GLEICE AZAMBUJA ELALI

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

#### Angela Dias Leão Costa

Professora Associada do Departamento de Arq. e Urb. e PPGAU-UFPB (2008). Pós-doutorado PPGAU-UFRN (PNPD/CAPES). Coordena o LACESSE - Laboratório de Acessibilidade e o grupo “Qualidade, Acessibilidade, Tecnologia e Percepção do Ambiente Construído”. Doutorado em Engenharia Civil - UNICAMP (2007); Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - UFRN (2003); Arquiteta e Urbanista - UFRN (2001).

*Associate Professor of the Department of Architect and Urban Planning and PPGAU-UFPB (2008). Post-doctorate PPGAU-UFRN (PNPD / CAPES). Coordinates LACESSE - Accessibility Laboratory and the group “Quality, Accessibility, Technology and Perception of the Built Environment”. Ph.D. in Civil Engineering - UNICAMP (2007); Master’s degree in Architecture and Urban Planning - UFRN (2003); Architect and Urbanist - UFRN (2001).*

[angelinadlcosta@yahoo.com.br](mailto:angelinadlcosta@yahoo.com.br)

#### Giselle Merino

Pesquisadora CNPq (PQ 2) na área de Design. Professora permanente do Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis) e do Programa de Pós-graduação em Design da Univille (Joinville). Doutora em Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia do Produto e Processo na linha de pesquisa de Metodologias de Projeto de Design pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Mestre em Design pelo Programa de Pós-Graduação em Design na linha de Gestão de Design, pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Graduada em Desenho pela Universidade do Estado de Santa Catarina (1997).

*CNPq’s Researcher (PQ 2) in the area of Design. Permanent Professor of the Undergraduate Program in Design of the Federal University of Santa Catarina (Florianópolis) and the Undergraduate Program in Design of Univille (Joinville). She holds a Ph.D. in Production Engineering, with an emphasis on Product and Process Engineering in the research line of Design Project Methodologies by the Federal University of Santa Catarina (2014). Master’s degree in Design from the Postgraduate Program in Design in the line of Design Management, by the Federal University of Santa Catarina (2010). Undergraduate in Drawing from the State University of Santa Catarina (1997).*

[gisellemerino@gmail.com](mailto:gisellemerino@gmail.com)

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

### Eugenio Merino

Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina e coordena o Núcleo de Gestão de Design e o Laboratório de Design e Usabilidade.

*Undergraduate in Industrial Design from the Federal University of Rio de Janeiro, master's degree in Production Engineering from the Federal University of Santa Catarina and a Ph.D. in Production Engineering from the Federal University of Santa Catarina. He is currently a professor at the Federal University of Santa Catarina and coordinates the Design Management Center and the Usability and Design Laboratory.*

[eugenio.merino@ufsc.br](mailto:eugenio.merino@ufsc.br)

### Gleice Azambuja Elali

Arquiteta-Urbanista e Psicóloga pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), mestre e doutora em Estruturas Ambientais Urbanas (Arquitetura e Urbanismo) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é docente da UFRN, mantendo atividade didática e de pesquisa na graduação e pós-graduação nos campos de Projeto Arquitetônico e Psicologia Ambiental. Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN nas gestões 2010-12 e 2012-14. Pesquisadora com bolsa de Produtividade do CNPq, vinculada ao grupo de pesquisa Inter-Ações Pessoa-Ambiente (UFRN) e ao grupo de pesquisa Projetar (UFRN).

*Architect, Urban Planner and Psychologist from the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), master's degree and Ph.D. in Urban Environmental Structures (Architecture and Urban Planning) at the University of São Paulo. She is currently a professor at UFRN with a didactic and research activity in undergraduate and postgraduate studies in Architectural Design and Environmental Psychology. Coordinator of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of UFRN in the 2010-12 and 2012-14 administrations. A researcher with a Productivity grant from CNPq, linked to the research group Inter-Ações Pessoa-Ambiente (UFRN) and to the research group Projecting (UFRN).*

[gleiceae@gmail.com](mailto:gleiceae@gmail.com)

## Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

### Resumo

Necessidades projetuais não contempladas podem levar a insatisfações e/ou ao uso precário dos ambientes construídos pelas pessoas, notadamente por aquelas com deficiência (quaisquer que sejam), gerando situações de inacessibilidade. Como recurso humano voltado para a elaboração de uma programação arquitetônica (mais) acessível, a participação dos usuários tem se mostrado importante, embora ainda existam dificuldades tanto para focar a coleta de dados em aspectos ligados à atividade projetual quanto para a transformação das informações adquiridas em elementos úteis à projeção. Esse artigo apresenta uma experiência prática de participação de pessoas com dificuldade de mobilidade em etapas iniciais do processo de projeto. Empiricamente a investigação se voltou para a compreensão das condições de navegabilidade (wayfinding) do edifício da reitoria da UFPB que, devido à sua função institucional, deveria ser acessível a todos. A pesquisa, de cunho qualitativo e realizada em âmbito acadêmico, foi centrada nos usuários com restrições físico-espaciais, metodologicamente conjugando entrevista, passeio acompanhado e medições técnicas atendendo ao GODP (MERINO, 2016). Participaram da coleta de dados 04 voluntários: pessoa em cadeira de rodas, pessoa com prótese de membro inferior, pessoa com baixa visão e idosa. Os resultados foram agrupados em uma Matriz de Descobertas que, somada à apreciação técnica, apontou a precariedade da edificação em termos de acessibilidade. Além disso, ficou evidente que os envolvidos se orientavam especialmente de modos distintos, fazendo uso de sentidos residuais e buscando informações no ambiente. A participação dos usuários foi essencial e complementar à dos técnicos, indicando aspectos anteriormente não considerados por estes últimos, o que reforça a importância de valorizá-la enquanto subsídio à prática projetual.

**Palavras-chave:** fases iniciais do projeto. acessibilidade. wayfinding. pessoas com dificuldade de mobilidade.

### Abstract

*Project needs not contemplated can lead to dissatisfaction and / or precarious use of environments built by people, especially those with disabilities (whatever they are), generating situations of inaccessibility. As a human resource aimed at the elaboration of (more) accessible architectural programming, the participation of users has been important, although there are still difficulties both to focus data collection on aspects related to the project activity and for the transformation of information acquired in elements of design. This paper presents a practical experience of the participation of people with mobility difficulties in the initial stages of the design process. Empirically the investigation turned to an understanding of the wayfinding conditions of the UFPB's rector building, which, due to its institutional function, should be accessible to all. The research, of qualitative character and carried out in academic scope, was centered in the users with physical-space constraints, methodologically combining interview, accompanied walking and technical measurements attending GODP (MERINO, 2016). Four volunteers participated in the data collection: person in a wheelchair, person with lower limb prosthesis, person with low vision and elderly. The results were grouped in a Matrix of Discoveries that, added to the technical appreciation, pointed out the precariousness of the building in terms of accessibility. In addition, it became evident that those people were spatially oriented in different ways, making use of residual senses and seeking more precise indications of the environment. The participation of the users was essential and complementary to that of technicians, indicating aspects previously not considered by the latter ones, reinforcing the importance of valuing it as base to the design practice.*

**Keywords:** early phases of the project. accessibility. wayfinding. people with mobility difficulties.

## Introdução

Na atualidade, a elaboração de propostas de intervenção no ambiente construído (qualquer que seja a escala) exige, cada vez mais, a participação da sociedade, de modo que estabelecer contato com os usuários (presentes e futuros) a fim de entender suas necessidades e anseios se tornou uma importante preocupação dos projetistas, tanto arquitetos e urbanistas quanto designers.

No campo da acessibilidade, utilizar protocolos pré-projetuais a fim de dar voz aos futuros usuários, pode auxiliar projetistas nas tomadas de decisões já nas fases iniciais de projeto de arquitetura e design, por meio do levantamento claro de suas necessidades, especialmente daqueles com deficiência e/ou mobilidade reduzida.

No caso de se tomar como objeto de projeto um edifício de uso público, é preciso considerar que, em geral, seus usuários ainda não estão definidos, havendo potencial para receber grande rotatividade e diversidade de pessoas. Nessa condição, embasar a proposta em princípios de desenho universal, definir uma equipe de trabalho interdisciplinar e estabelecer um processo projetual que envolva possíveis usuários tornam-se encaminhamentos essenciais. Apesar desse entendimento, ainda há dificuldades para a participação dos usuários no processo projetual, notadamente no caso de pessoas com deficiência. De fato, à medida que o porte da intervenção aumenta, parece que a efetiva participação dos usuários se torna menos evidente e/ou viável, ou seja, atualmente ela acontece com maior facilidade no design de objetos e diminui em se tratando do projeto de edifícios, sobretudo no caso de grandes complexos edificadas.

Sanoff (2000) lista como principais barreiras para a participação dos usuários no processo de projeto: (i) alguns profissionais considerarem que a participação não é necessária ou desejável, pois os usuários não possuem os conhecimentos necessários; (ii) subentende-se que em grupos heterogêneos todos têm opiniões diferentes, logo, as respostas obtidas serão muito diversas entre si e dificilmente agrupáveis ou, ao contrário, em grupos homogêneos, as pessoas são tão parecidas que suas necessidades são indiferenciadas; (iii) a participação pode tornar-se uma ameaça à atividade profissional, sobretudo se o controle das decisões passar a ser delegado aos usuários; (iv) o envolvimento dos usuários pode ser um processo lento e caro; (v) os profissionais não têm experiência adequada para trabalhar em colaboração com usuários, o que pode limitar a eficácia da participação; (vi) muitas vezes as pessoas que se envolvem com os projetos não representam a maioria dos usuários, mas sim interesses especiais; (vii) as muitas falhas inerentes ao processo projetual podem resultar em um produto diferente do inicialmente pretendido<sup>1</sup>.

O próprio autor contra argumenta, alegando que, de acordo com suas pesquisas, ignorar as preferências das pessoas e as diferenças entre elas resulta em insatisfação com as intervenções (SANOFF, 2000). Tal insatisfação geralmente está relacionada a necessidades e anseios não atendidos, que precisariam ser (re)conhecidos pelos projetistas. Além disso, em geral leigos e profissionais têm expertises distintas, identificando e resolvendo problemas de modos particulares, sendo salutar o investimento na troca de saberes e fazeres entre eles.

Segundo Markus (1971 apud ANDRADE, RUSCHEL, MOREIRA, 2011) a elaboração de uma proposta de intervenção no ambiente construído exige um complexo processo de

<sup>1</sup> Sobre esse aspecto o autor indica ser comum o resultado assemelhar-se ao aforismo: "a camel is a horse designed by the committee" (Sanoff, 2000, p.23).

## Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

projeto, que pode ser decomposto em uma elaborada sequência de decisões. A primeira fase desse processo assume cunho analítico, tendo início com a definição de requisitos de projeto e é concluída com o programa. Embora a presença dos usuários seja importante em todo o desenvolvimento do projeto, é justamente nessa fase inicial que a presença e contribuição dos usuários pode ser mais eficaz, pois a programação (programming) delimita inúmeros aspectos da continuidade da proposta. Tal tipo de preocupação torna-se especialmente importante no caso de pessoas com deficiência, relacionando-se às peculiaridades no modo delas perceberem e se moverem no ambiente, o que pode ser facilitado ou dificultado pelo projeto.

Complementando essa perspectiva, Villarouco (2011) também indica diferenças no modo de atuação de diversos profissionais produtores do espaço, e defende, por exemplo, a construção de links entre a ergonomia e a arquitetura, em uma relação que, ao deslizar do nível cognitivo ao tecnológico, inclui questões que tratam das sensações e percepções experimentadas pelos usuários na apropriação espacial.

Nesse campo, um importante objeto de estudo é o processo de wayfinding (PASSINI, 1996; BINS-ELY, 2004; ELALI, PINHEIRO, 2018), ou seja, do modo como as pessoas 'navegam do ambiente'. Segundo essa literatura, para se movimentarem no espaço as pessoas precisam começar por se orientar nele, o que envolve entender o ponto onde se encontram, pensar um modo para chegar a um segundo local não visualizável imediatamente e, terem condições de, após fazê-lo, saberem retornar ao ponto de partida. Para tanto elas recorrem às informações presentes no ambiente construído, em torno das quais tecem uma dinâmica comunicacional que acontece em 03 etapas: (i) processamento das informações existentes, para o que é necessário perceber e decodificar os dados disponíveis; (ii) tomada de decisões em função do que foi compreendido, isto é, formulação de um plano de ação; (iii) execução da decisão tomada, consubstanciando-se na implementação do plano de ação.

Partindo deste quadro geral, esse artigo discute a participação de usuários com deficiência e/ou mobilidade reduzida em etapas iniciais do processo de projeto, como recurso humano importante na elaboração de programas (mais) acessíveis. Para tanto é apresentada uma experiência prática de pesquisa realizada em âmbito acadêmico, que relacionou as condições de acessibilidade e o wayfinding em um edifício administrativo.

## Delimitação do método

O experimento projetual realizado ocorreu em julho de 2017, na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, no contexto da disciplina experimental “Projeto centrado no usuário” oferecida simultaneamente em 02 programas de pós-graduação: o PPGAU-UFPB e o PPGAU-UFRN. A atividade contou com a participação de 18 técnicos com diversas formações e 04 usuários com deficiência e/ou mobilidade reduzida, que atuaram conjuntamente no reconhecimento da problemática. A atividade foi alicerçada por coleta de dados pautada no uso de multimétodos (GÜNTHER, ELALI, PINHEIRO, 2008; SOMMER, SOMMER, 2002), e aconteceu em 06 etapas, das quais 04 foram pré-projetuais, e serão foco desse artigo.

Entre o pessoal técnico envolvido estavam: 12 arquitetos, 03 terapeutas ocupacionais, 02 designers industriais, 01 designer de interiores e 01 técnico em recursos humanos. Eles foram mediados por 04 professores: 02 arquitetas (sendo uma delas psicóloga também) e 02 designers industriais.

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

Como usuários com deficiência foram convidados 04 voluntários, assim caracterizados:

**Pessoa com baixa visão (PBV):** mulher, 41 anos, com deficiência visual há 05 anos, administradora, especialista em atendimento ao cliente, graduanda em pedagogia (7º período), não leitora Braille, mas faz uso de tecnologias assistivas. Não passou por treinamentos em atividades da vida diária – AVD, mas desenvolveu estratégias próprias de orientação. Identifica silhuetas e algumas cores de acordo com a iluminação do ambiente.

**Pessoa em cadeira de rodas (PCR):** homem, 48 anos, publicitário e estudante de engenharia civil, coordenador de uma associação para inclusão, usuário de cadeira de rodas desde os 19 anos (tem lesão medular C5, C6 e C7 e tetraplegia). Sua maior queixa do dia a dia é tirar e guardar a cadeira de rodas no carro, pratica atividade física e faz esportes de lazer.

**Pessoa idosa (PI):** mulher, 69 anos, estudou até o ensino médio e não possui limitações motoras aparentes. Faz atividades físicas regulares e não apresenta dificuldades para pegar objetos que estão no chão ou objetos em prateleiras mais altas.

**Pessoa usuária de prótese (PUP):** homem, 54 anos, reside sozinho, desenvolve atividades esportivas e há 07 anos utiliza prótese mecânica no membro inferior esquerdo, enfrenta dificuldades em atividades que necessitam agachamento e prefere escadas (à rampas).

As atividades realizadas foram subdivididas em quatro etapas, como segue. A investigação atendeu às recomendações da ética na pesquisa, tendo todos os envolvidos concordado em participar de forma voluntária, e assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

## Etapa 1: Planejamento Experimental

Nessa etapa aconteceram as definições iniciais do estudo: (i) os profissionais foram distribuídos em 04 grupos, de forma a se ter o máximo de formações por grupo; (ii) os 04 voluntários com deficiência foram convidados a participar, cada um de um grupo; (iii) o ambiente de estudo foi escolhido; (iv) foram definidos dia, hora e instrumentos de coleta de dados a serem utilizados.

Optou-se por estudar o edifício da reitoria da Universidade Federal da Paraíba – UFPB [Figura 01], por tratar-se de prédio de uso e acesso público, com grande fluxo de pessoas. Construído em 1979 e com acesso por uma grande rampa (principal), ou elevador e escadas secundárias, o edifício reúne grande parte da estrutura administrativa da instituição. Estipula-se que mais de 2.500 pessoas trabalham ou visitam o prédio diariamente, em busca de informações ou para participar de eventos.

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

FIGURA 1 - Imagem aérea do objeto de estudo.

Fonte: Google Earth



## Etapa 2: Treinamento

Durante 04 horas os participantes técnicos tiveram instrução teórica acerca da metodologia de projeto centrado no usuário a ser adotada, o Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos – GODP (MERINO, 2016) e sobre o passeio acompanhado (DISCHINGER, 2000), técnica de coleta de dados utilizada para assessoramento do voluntário em seu percurso pelo ambiente em estudo.

O GODP [Figuras 2 e 3] tem como objetivo organizar e oferecer uma sequência de ações que permitam com que o Design seja concebido de forma consciente. Ele é configurado por 08 etapas que se fundamentam na coleta de informações pertinentes ao desenvolvimento da proposta, o desenvolvimento criativo, a execução projetual, a viabilização e verificação final do produto. Neste caso específico o GODP foi utilizado com ênfase no momento de Inspiração, especificamente na Etapa 1 (levantamento de dados), voltada para a identificação inicial do produto pretendido, do usuário e do contexto. Essa etapa é complementada por dois momentos posteriores: Ideação e Implementação. Nesse contexto aconteceu o treinamento de uso dos equipamentos para auxílio na experimentação tecnológica voltados para: rastreamento ocular (eye tracking); captura de movimentos por sensores inerciais (XSens); Termografia digital (Flir); Dinamometria; Simuladores (Cambridge University)

FIGURA 2 e 3 - Esquemas da metodologia GODP/ etapa aplicada.

Fonte: Merino (2016).



## Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

Possibilitando a utilização dos equipamentos para o GODP, optou-se por abordar os voluntários pro meio do método do passeio acompanhado, proposto por Dischinger (2000). A atividade consistiu na realização de trajetos no edifício objeto de estudo, que eram percorridos por pessoas com deficiência e/ou mobilidade reduzida (todas voluntárias) acompanhados pelos pesquisadores. Em consonância com a proposta da autora, a aplicação do método buscou, em síntese, investigar a percepção dos primeiros (voluntários) sobre o espaço em situações reais de uso, com ênfase para as condições de acessibilidade. Houve especial cuidado para não ocorrerem interferências nas atividades/ações, exceto caso de algum risco iminente.

### Etapa 3: Coleta de Dados

Na coleta de dados os voluntários realizaram percursos na área interna do prédio da reitoria. Eles tiveram em comum o ponto de partida, a rampa de acesso à edificação escolhida, e objetivos a alcançar: encontrar a sede do Comitê de Inclusão e Acessibilidade (CIA/UFPB) e usar um banheiro no caminho (encontrá-lo e entrar nele).

O passeio acompanhado ocorreu em julho de 2017, e teve tempo variável, entre 15 minutos e 30 minutos, o que dependeu do usuário (PCR = 15 min; PUR = 25 min; PI = 30 min; PBV = 25 min). Além disso, os grupos fizeram uma entrevista não-estruturada com os voluntários.

Ao percorrerem o local os voluntários utilizaram o eyetracking, e foram acompanhados pelos membros do seu grupo, que assumiram diferentes funções, manipulando outros equipamentos (captura de movimentos por sensores inerciais, equipamentos de registros fotográficos e de vídeo, dentre outros) e avaliando o participante. No decorrer do passeio foram feitas observações sobre as impressões e sensações do voluntário, gravadas as suas falas, anotadas percepções e fotografadas situações relevantes.

### Etapa 4: Síntese de necessidades

Constou da apresentação dos resultados da experiência pelos diversos grupos, com ênfase para as necessidades detectadas, seguida pela síntese das mesmas. A apresentação foi seguida por um Grupo Focal, cuja discussão gerou a síntese de informações, permitindo a organização de ideias e prioridades. Finalmente, os resultados foram condensados em um Mapa de Descobertas, documento que aglutinou a voz de usuários e técnicos, baseado na Matriz de Descobertas (SANOFF, 1990; RHEINGANTZ et al, 2009).

## Resultados: Caminhos e percepções

A aplicação da GODP (MERINO, 2016) por meio de passeios acompanhados [Figura 4] e entrevistas permitiu a identificação de vários elementos da inacessibilidade do edifício e de sua percepção pelos usuários com deficiência, dentre os quais destacaram-se:

- PP: Indicou a necessidade de se proporcionar um ambiente mais acolhedor aos usuários, onde fosse possível parar e sentar; para ela, subir e descer as escadas (que não estão em conformidade com a legislação), foi um desafio.

## Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

- PBV: Ressaltou a necessidade de referências espaciais mais claras e a dificuldade de orientação em espaços amplos. A usuária acionou o tato para sentir diferenças de texturas das superfícies, recorreu a sensações térmicas, percebeu contrastes de luminosidade e ruídos e, ainda, precisou criar referências próprias para percorrer o espaço, na medida em que contou passos ao longo de cada etapa do trajeto.

- PCR: Sua autonomia indicou claramente as dificuldades de alguns trechos do trajeto, geradas por barreiras físicas existentes. Como elemento de destaque observou a falta de sinalização do espaço como um todo.

- PI: Foi a pessoa que mais se desorientou no espaço, tendo optado por recorrer à ajuda dos passantes, e se mostrando nitidamente insegura em vários momentos do trajeto. Enfatizou que o ambiente não auxiliou a localizar-se adequadamente e que a sinalização existente é insuficiente e até incoerente.

Todos os participantes com dificuldade de mobilidade fizeram questão de ressaltar a pouca habilidade e falta de treinamento do pessoal responsável por recepcionar o público no hall principal, pois, parte importante do seu trabalho deveria ser justamente orientar os visitantes por meio de informações sobre a edificação e os serviços nela existentes.



Pessoa usuária de prótese PP



Pessoa com Baixa Visão - PBV



Pessoa em Cadeira de Rodas - PCR



Pessoa Idosa - PI

FIGURA 4- Registros dos passeios acompanhados realizados com os 04 usuários(as) voluntários

Fonte: A pesquisa.

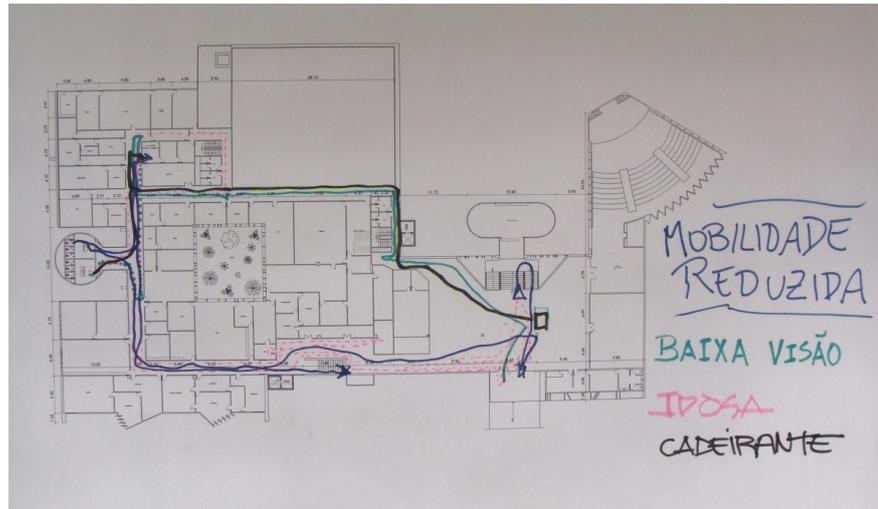
Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

É importante salientar que os voluntários optaram por seguir dois caminhos diferentes para alcançar os destinos pretendidos [Figura 5], os quais foram percorridos em tempos distintos.

FIGURA 5- Esquema do traçado dos trajetos realizados pelos distintos usuários durante os passeios acompanhados.

Fonte: A pesquisa.



Os principais achados do estudo foram resumidos em um Mapa de Descobertas [Figura 6], que consiste em um esquema síntese dos resultados obtidos (RHEINGANTZ et al, 2009), correspondendo à junção das opiniões de voluntários/usuários e profissionais/técnicos (experts). Para facilitar a leitura as informações foram divididas por categoria de componente de acessibilidade espacial e com indicação da situação/valia do item observado (se positiva ou negativa para aquele participantes).

A análise destes aspectos permitiu elencar-se os principais problemas encontrados na opinião destes avaliadores e, ainda, o modo como os componentes de acessibilidade indicados por Dischinger, Bins-Ely e Piardi (2012)<sup>2</sup> ocorrem no edifício objeto de estudo. No edifício da reitoria, o componente Orientação configura-se como o mais prejudicado, seguido pelo Uso, Deslocamento e Comunicação, de modo que essa ordem de elementos deveria ser priorizada pela gestão na implementação de soluções para os problemas encontrados no edifício.

<sup>2</sup> Segundo Dischinger, Vins-Ely e Piardi (2012), os componentes da acessibilidade espacial podem ser classificados em 04 categorias: orientação espacial, comunicação, deslocamento e uso. A Orientação espacial é determinada pelas funções que possibilitem as pessoas de identificar, e definir meios para seu uso e deslocamento. A Comunicação diz respeito ao acesso as informações por todas as pessoas, enquanto que as condições de deslocamento se referem “à possibilidade de qualquer pessoa poder movimentar-se ao longo de percursos horizontais e verticais de forma independente, segura e confortável”. Já o componente Uso relaciona-se às condições de utilização efetiva dos espaços e equipamentos.

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process

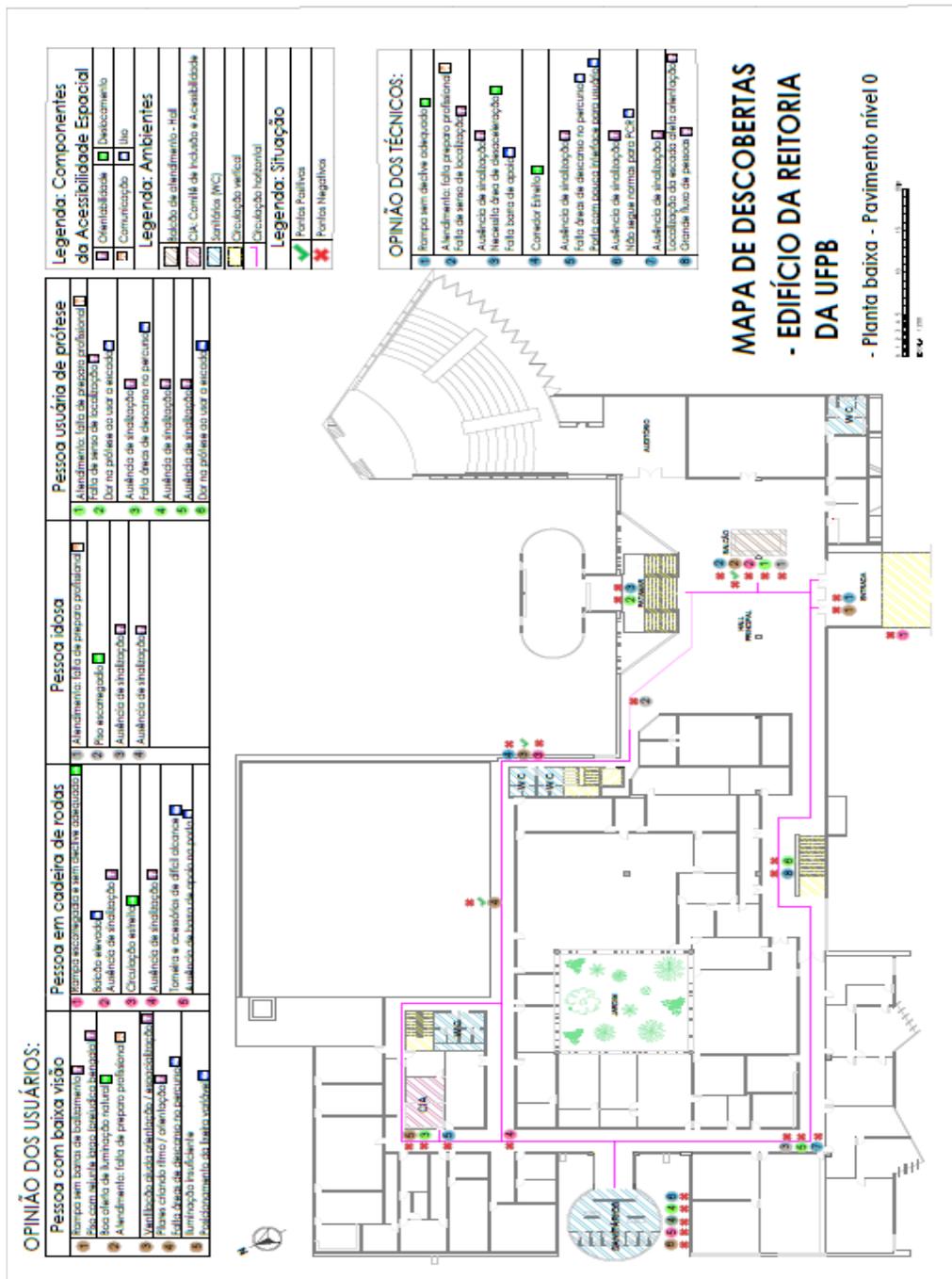


FIGURA 6- Mapa de descobertas (síntese dos resultados).

Fonte: Elaboração própria.

## Considerações Finais

Ao se analisarem os resultados da experiência acadêmica realizada com estudante de pós-graduação (e, portanto, profissionais habilitados a projetar) a primeira conclusão é que o Comitê de Inclusão e Acessibilidade (CIA) da UFPB parece estar invisível àqueles que dele necessitam: está mal localizado no contexto da edificação em estudo; é de difícil acesso para quem circula no prédio; é desconhecido inclusive por quem deveria orientar o visitante (na recepção), notadamente os funcionários responsáveis pelo acolhimento e recepção das pessoas no edifício estudado. Vale aqui salientar a importância da existência de pessoal devidamente treinado para orientar o público visitante em geral (tenha deficiência ou não), o que se pode chamar de tecnologia leve, na classificação de Koerich (2006)<sup>3</sup>. Os dados levantados apontam, ainda, que o hall principal (saguão) da reitoria, um local que deveria dar total acolhida aos visitantes, não proporciona uma experiência convidativa para o usuário, sendo considerado inóspito e pobre de elementos referenciais, com informações/ dispositivos espaciais insuficientes para um deslocamento seguro e autônomo.

No entanto, mais do que o diagnóstico do edifício em estudo, esse artigo tem como foco a participação de pessoas com deficiência no processo projetual, como importantes fontes de informação para a etapa de programação. Nesse sentido, ficou muito claro que os 04 voluntários convidados para a experiência tiveram voz ativa no processo, o que fez a diferença em sua participação no levantamento de dados. É importante ressaltar que contamos com a colaboração de pessoas realmente muito especiais, pois todos são conhecedores de suas restrições e desenvolveram estratégias para minimizar os impactos advindos da deficiência e/ou limitações que possuem, no desenvolvimento de suas atividades diárias. Essas pessoas comunicaram suas percepções com muita clareza e deram contribuições importantes de sua percepção do objeto em estudo. Por exemplo, a PBV em todo momento, comentava acerca da luminosidade, do vento; ao mesmo tempo que a PI mostrou-se espacialmente desorientada (em sua linguagem verbal, “literalmente perdida”) e recorreu inúmeras vezes ao auxílio de passantes que encontrou no percurso, questionando-os.

Quando complementada pela opinião dos usuários, a percepção dos técnicos tornou-se mais abrangente e sensível. Eles relataram que a participação de pessoas com deficiência na experiência foi capaz de fazê-los observar de forma mais “detalhada e precisa” aspectos que antes eram despercebidos, ou mesmo desconhecidos. Um terapeuta ocupacional afirmou, por exemplo, que a participação de PCD mostrou inclusive muitas potencialidades de uso, antes ignoradas. Tal tipo de constatação pode conduzir a uma mudança de paradigma, uma vez que os técnicos adotaram uma postura empática com relação aos usuários.

Enfim, corrobora-se o entendimento de que todas as pessoas envolvidas com o ambiente construído precisam ser consultadas e participar ativamente no seu processo projetual, sobretudo na programação arquitetônica, que deve contemplar um grupo de pessoas cada vez mais diversificado. Nesse sentido, é essencial darmos maior atenção à opinião das pessoas com deficiência e/ou mobilidade reduzida, uma vez que atender aos seus anseios e necessidades significa proporcionar um ambiente mais

<sup>3</sup> Koerich (2006) indica que as tecnologias em saúde estão ligadas a três classificações: leves (acolhimento, comunicação); leve-duras (saberes estruturados como a parte clínica e epidemiológica); e as duras (associadas aos equipamentos).

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process*

adequado a todos (inclusive às pessoas que, naquele momento, não apresentam dificuldades). Assim, embora utilizar recursos tecnológicos para ampliar nossa possibilidade de, como profissionais de arquitetura, urbanismo e design, reconhecer tais parâmetros de uso seja um interessante caminho a percorrer, entende-se que, de fato, o simples ato de se colocar os usuários no centro do processo projetual eleva a acessibilidade à condição de elemento de qualidade de projeto.

## Agradecimentos

À Capes pela concessão de bolsa PNPd; ao CNPq, por bolsas de Produtividade em Pesquisa; aos Programas de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo das Universidades Federais do Rio Grande do Norte e da Paraíba (PPGAU/UFRN e PPGAU/UFPB) pela abertura à proposta de pesquisa; aos profissionais/pós-graduandos e voluntários envolvidos na experiência empírica.

## Referências

ANDRADE, M., RUSCHEL, R., MOREIRA, D. O processo e os métodos. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; FABRÍCIO, M. M.; PETRECHE, J. R. D. (Orgs.). **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Editora de textos, 2011.

BINS-ELY, V. H. M. **Orientar-se no espaço**: condição indispensável para a acessibilidade. In: SEMINÁRIO ACESSIBILIDADE NO COTIDIANO. Anais do ... [CD rom]. Rio de Janeiro: Núcleo Pró-acesso - UFRJ, 2004.

DISCHINGER, M. **Designing for all senses**: Accessible spaces for visually impaired citizens. 2000. 260f. Thesis (for the degree of Doctor of Philosophy). Department of Space and Process School of Architecture, Chalmers University of Technology, Göteborg, Suécia, 2000.

DISCHINGER, M.; BINS-ELY, V. H.; PIARDI, S. M. **Promovendo acessibilidade nos edifícios públicos**: Programa de Acessibilidade às Pessoas com Deficiência ou Mobilidade Reduzida nas Edificações de Uso Público. Florianópolis: MPSC, 2012.

ELALI, G. A.; PINHEIRO, J. Q. Wayfinding (navegando o ambiente). In: CAVALCANTE, S.; ELALI, G. A. **Psicologia Ambiental**: conceitos para a leitura da relação pessoa-ambiente. Petrópolis: Vozes, 2018, pp. 250-260.

GÜNTHER, H.; ELALI, G. A.; PINHEIRO, J. Q. A abordagem multimétodos em estudos pessoa-ambiente: características, definições e implicações. In: J. Q. PINHEIRO, J. Q.; GÜNTHER, H. (Orgs.), **Métodos de pesquisa nos estudos pessoa-ambiente**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008, pp. 369-396.

KOERICH, M. S. et al. **Tecnologias de cuidado em saúde e enfermagem e suas perspectivas filosóficas**. Texto Contexto Enfermagem, Florianópolis, 2006, pp 178-85.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; FABRÍCIO, M. M.; PETRECHE, J. R. D. (Orgs.). **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Editora de textos, 2011.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

MERINO, G. **Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos (GODP)**: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário. Florianópolis: NGD-LDU/UFSC, 2016. Disponível em: <www.ngd.ufsc.br>. Acesso em: 01 de março de 2018.

Revelando o wayfinding: uma experiência para incorporar a percepção de usuários com dificuldade de mobilidade às fases iniciais do processo de projeto

*Revealing the wayfinding: an experience to incorporate the perception of users with mobility difficulties to the initial stages of the design process.*

PASSINI, R. **Wayfinding design: logic, application and some thoughts on universality.** *Design Studies*, 17, 1996, 319-331.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a qualidade do lugar:** Procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Coleção PROARQ. FAU/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ: 2009.

SANOFF, H. **Community participation methods in design and planning.** New York: John Wiley & Sons, Inc. 2000.

SOMMER, R.; SOMMER, B. **A practical guide to behavioral research** (5a ed.). Nova York: Oxford University Press, 2002.

VELOSO, M.; ELALI, G. A. **O projeto como construção coletiva:** da participação à colaboração – os desafios do ensino. In: I ENANPARQ. Anais do..... São Paulo, 2014.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: SUBMISSÃO: 08/05/2018 APROVAÇÃO: 01/07/2018**

#### **RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS**

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

CINTIA AKEMI TAMURA E EDUARDO L. KRÜGER

## Percepção de Moradores sobre o Acesso Solar em Conjuntos Habitacionais: Estudo Comparativo em Clima Temperado e Subtropical

*Perception of Housing Tenants about Solar Access in Housing Sets: Comparative Study in Temperate and Subtropical Climate*

## Percepção de Moradores sobre o Acesso Solar em Conjuntos Habitacionais: Estudo Comparativo em Clima Temperado e Subtropical

*Perception of Housing Tenants about Solar Access in Housing Sets: Comparative Study in Temperate and Subtropical Climate*

### Cintia Akemi Tamura

Arquiteta e Urbanista, graduada pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Possui mestrado (2010) e doutorado (2017) em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Realizou estágio Doutorado Sanduíche (2014-2015) no Karlsruher Institut für Technologie (Karlsruhe, Alemanha) no departamento de Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau (Subject Physics & Technical Building Services (fbta)). Atualmente é Pós-doutoranda (PDJ - CNPq), vinculada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

*Architect and Urban Planner undergraduate at Paulista's State University Júlio de Mesquita Filho (2006). She holds a master's degree (2010) and a Ph.D. (2017) in Technology from the Technological Federal University of Paraná. She had taken a split Ph.D. degree (2014-2015) at the Karlsruher Institut für Technologie (Karlsruhe, Germany) in the department of Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau (Subject Physics & Technical Building Services (fbta)). She is currently a postdoctoral fellow (PDJ - CNPq), linked to the Post-graduate Program in Civil Engineering of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR).*

[cintiatamura@gmail.com](mailto:cintiatamura@gmail.com)

### Eduardo L. Krüger

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Petrópolis (1989), mestrado em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro (1993), doutorado em Arquitetura pela Universität Hannover, Alemanha (1998), pós-doutorado na Ben-Gurion University of the Negev, Israel (2006), estágio sênior (CAPES) junto à Glasgow Caledonian University, Reino Unido (2011), estágio sênior junto ao Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Alemanha (2015). Atualmente é Professor Associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil (UTFPR).

*Civil engineer undergraduate at Catholic University of Petropolis (1989), a Master's Degree in Energy Planning from COPPE / UFRJ, and a PhD in Architecture from the Negev from the Universität Hannover, Germany (1998), a postdoctoral degree from the Ben-Gurion University of Negev, Israel (2006), senior internship (CAPES) at the Glasgow Caledonian University, UK (2011), senior fellowship at the Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany (2015). He is currently an Associate Professor at the Technological Federal University of Paraná - UTFPR and also a professor at the Academic Department of Civil Construction (UTFPR).*

[ekruger@utfpr.edu.br](mailto:ekruger@utfpr.edu.br)

**Resumo**

A provisão de acesso solar é requisito elementar na obtenção de iluminação e aquecimento passivos em interiores. Porém, quando regulamentações urbanísticas são insuficientes ou inexistentes quanto a recomendações para quantidades mínimas diárias e níveis adequados de acesso solar, a geometria resultante das edificações do entorno pode ocasionar bloqueio do ganho solar direto. Soma-se a este fato o desconhecimento ou desconsideração por parte de profissionais da área acerca da percepção e preferências relacionadas ao acesso solar dos usuários destas edificações, o que pode resultar em situações em que o conforto ambiental atende a recomendações técnicas, mas não a demandas humanas. O trabalho avaliou dados de percepção relacionada ao acesso solar de moradores de unidades habitacionais. Um questionário foi traduzido, desenvolvido, validado e aplicado a moradores de unidades habitacionais em Curitiba, capital mais fria do Brasil (Cfb - clima temperado marítimo úmido, conforme sistema de classificação climática de Köppen). Os resultados obtidos permitiram a verificação da consistência interna do questionário (Alfa de Cronbach  $\alpha=0,838$ ), a realização do levantamento da percepção dos indivíduos da amostra ( $n=33$ ) relacionada ao acesso solar, além de comparativos com os resultados obtidos com a aplicação do instrumento original, realizada em indivíduos em Hong Kong, cidade de clima subtropical úmido (Cwa, conforme Köppen). Complementarmente, simulações de insolação foram realizadas para verificação do grau de acuidade entre a percepção dos indivíduos quanto aos horários com acesso solar, procedimento que revelou alta fidelidade. Os resultados indicam que preferências quanto a períodos do dia e quantidade de horas com acesso solar podem ter variado inversamente à temperatura média da localidade dos dois grupos. Houve menor identificação do item aquecimento como característica positiva do acesso ao sol pelo grupo de Hong Kong, quando comparado ao grupo Curitiba. No entanto, o grupo Hong Kong teve menos votos registrados para as opções de características negativas do acesso solar, quando comparado ao grupo Curitiba.

**Palavras-chave:** Acesso solar. Percepção. Iluminação natural. Conjuntos habitacionais.

**Abstract**

*The provision of solar access is an elementary requirement in obtaining indoor lighting and passive heating. However, when urban regulations are insufficient or lacking in recommendations for minimum daily amounts and adequate levels of solar access, the geometry resulting from surrounding buildings may cause blocking of direct solar gain. In addition, there is a lack of knowledge and disregard of professionals in the area regarding perception and preferences related to solar access of users of such buildings, which can result in situations where indoor comfort meets technical recommendations rather than human needs. The objective of this study was to evaluate perception data related to the solar access of dwellers of housing units. A questionnaire was translated, developed, validated and administered to dwellers of housing units in Curitiba, the coldest capital of Brazil (Cfb - temperate maritime climate, according to Köppen's climate classification system). Results obtained allowed to verify the internal consistency of the questionnaire (Cronbach alpha  $\alpha= 0.838$ ), a survey of users' perception ( $n = 33$ ) related to solar access, as well as a comparison to results obtained with the original questionnaire in Hong Kong, a city of humid subtropical climate (Cwa, according to Köppen). In addition, daylight simulations were performed to verify the degree of acuity between users' perception of solar access. Results indicate that preferences regarding periods of the day and amount of hours with solar access may have varied inversely to the average temperature of both locations. There was less identification of the heating item as a positive characteristic of solar access by the Hong Kong group when compared to the Curitiba group. However, the Hong Kong group had less votes showing negative solar access features when compared to the Curitiba group.*

**Keywords:** Solar access. Perception. Daylight. Housing Sets.

## Introdução

A promoção e manutenção de nosso bem estar é a função essencial das edificações. Estas devem nos preservar de flutuações do tempo e de seus efeitos adversos (KLEIN; SCHLENGER, 2017).

Dentre as diversas variáveis envolvidas no processo de condicionamento passivo de uma edificação, destaca-se o acesso ao sol. A insolação incidente em construções, quando adequadamente gerenciada, propicia níveis adequados de aquecimento e iluminação, favorecendo o desenvolvimento das atividades humanas (BOUBEKRI, 2008; LAU; NG; HE, 2011; LITTLEFAIR, 2001; PHILLIPS, 2004).

Fator determinante para a viabilização do acesso à insolação e à luz natural em interiores é a geometria dos edifícios. Para evitar bloqueio ao sol ou sombras indesejadas, é necessário que fatores como latitude e orientação solar sejam levados em conta na concepção de planos urbanísticos. É necessária também a determinação de limites claros para relações de altura e comprimento, e a especificação de recuos mínimos entre as construções, que devem ser respeitados na criação de projetos arquitetônicos e urbanísticos (ESCH et al., 2012; CASTRO PÉREZ, 2013).

No entanto, quando a incorporação de mecanismos para a viabilização de acesso ao sol é negligenciada na fase de projeto, pode-se obter como resultado ambientes com umidade excessiva, pouca iluminação e frio intenso em determinadas estações do ano, dependendo da latitude em que se encontram (FROTA; SCHIFFER, 2001; MARINS; ROMÉRO, 2012).

Além destes efeitos tradicionalmente relacionados ao acesso solar (doravante denominado AS) e à saúde dos usuários de edificações, na última década tem-se observado a ampliação da discussão, com a inclusão dos possíveis efeitos da falta de AS em processos biológicos mais complexos, como a regulação metabólica (GÓMEZ-ABELLÁN et al., 2012), hormonal (KULVE et al., 2016), do ciclo sono-vigília, e da regulação circadiana (BOUBEKRI, 2008; HRASKA 2015). Outros aspectos significativos relacionam-se a fatores subjetivos, como mudanças de humor (ARIES; AARTS; VAN HOOFF, 2015), depressão afetiva sazonal (SAD) (SANASSI; 2014; DERUBEIS, DANIEL; 2017), déficit de atenção (BARON; REID, 2014), dentre outros.

É pertinente ressaltar o atual reconhecimento por parte da comunidade científica sobre a importância do impacto da luz em aspectos não relacionados à visão. Demonstração disso é a recente inclusão pela CIE do tema no topo da lista dos tópicos a serem urgentemente mais explorados na área de iluminação (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, 2016).

Quanto à definição de valores de AS adequados aos ocupantes de um edifício, também é necessário considerar que a preferência dos indivíduos ante a luz solar (tempo de exposição, quantidade, local e propósito) pode variar conforme a latitude. Ocupantes de edifícios em regiões quentes preferem controlar ou mesmo excluir a luz solar, de forma a evitar o superaquecimento. Em contrapartida, ocupantes de prédios localizados em lugares frios, em altas latitudes, tendem a considerar a possibilidade de acesso à luz solar não só como positiva, mas necessária (LITTLEFAIR, 2001).

A sensibilidade à iluminação também pode variar conforme a estação; no inverno, quando a luz natural apresenta menores níveis de iluminância, a ocorrência de pequenos incrementos tem maior impacto na percepção. No entanto, quando há abundância de luz, os indivíduos podem se apresentar menos sensíveis às variações na iluminação (TRENTO; TAMURA; KRÜGER, 2017). Por fim, a demanda por luz solar tam-

bém pode diferir conforme a tipologia do edifício, as atividades nele desenvolvidas, e o grau de adensamento de seu entorno (LAU; NG; HE, 2011).

Assim, a definição de recomendações efetivas relacionadas à luz solar no interior de edificações deve ser resultado da integração de fatores associados à disponibilidade de luz solar (orientação, latitude e condições locais, entre outros) com a avaliação criteriosa dos fatores subjetivos relacionados às preferências de seus usuários (MESA; CORICA; PATTINI, 2011), acrescidos das componentes biológica e psicológica (MARTAU, 2009). De outro modo, estas definições poderão estar em consonância com recomendações técnicas, sem, no entanto, atender a demandas humanas.

Embora a importância de se conhecer as preferências dos indivíduos relacionadas ao AS se evidencie sob este contexto, constatou-se, após revisão bibliográfica preliminar, a reduzida produção relacionada ao tema no país. Neste contexto, o estudo teve como objetivo avaliar de forma quantitativa dados subjetivos de indivíduos quanto à percepção do AS em suas moradias.

O questionário utilizado para este levantamento baseou-se no trabalho de Lau, Ng e He (2011), que teve por objetivo contribuir na especificação de recomendações para o provimento apropriado de luz natural em unidades residenciais. Foram levantadas preferências como quantidade de horas, tempo, local e propósito do AS em moradores de três conjuntos habitacionais localizados em em Hong Kong, cidade asiática altamente adensada de clima subtropical úmido - Cwa, conforme classificação de Köppen atualizada por Peel, Finlayson & McMahon (2007). No trabalho, a percepção dos moradores em relação ao acesso ao sol e à luz natural foi levantada por meio de questionário com nove questões fechadas.

O questionário original, criado para ser aplicado em pessoas de nacionalidade chinesa, foi publicado em artigo científico na língua inglesa. Para que este pudesse ser utilizado no Brasil, foi necessária a realização de sua tradução, adaptação e validação, bem como a avaliação de seu índice de confiabilidade.

Após esta etapa, aplicou-se o questionário a moradores de edificações localizadas em dois conjuntos habitacionais em Curitiba. A capital do Paraná, considerada a mais fria do país, localiza-se na Zona bioclimática 1. Nela, a importância do AS é evidenciada pelas estratégias bioclimáticas recomendadas (aquecimento solar e exploração da inércia térmica dos materiais), sendo que o condicionamento térmico passivo é classificado como insuficiente durante o período mais frio do ano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; NBR 15220-3, 2005; NBR 15575-1, 2013 ).

Quanto à insolação diária média anual, a cidade de Curitiba é classificada por Fonseca, Fernandes e Pereira (2017) como Zona A, a qual apresenta menos de cinco horas diárias médias de insolação. As localidades situadas nesta zona apresentam nebulosidade frequente, oriunda ou de elevados índices de evaporação ou precipitação (caso da bacia Amazônica), ou do fato de se tratarem de regiões litorâneas, ou ainda por possuírem características que favorecem a formação de nebulosidade.

## Objetivo

O objetivo foi realizar estudo comparativo sobre a percepção de moradores de conjuntos habitacionais em clima temperado e subtropical em relação ao AS. Isso envolveu: (1) Execução do processo de back translation para obtenção do instrumento de coleta de dados; (2) Validação do questionário; (3) Execução do teste piloto com sua aplicação

aos indivíduos da amostra selecionada; (4) Aplicação de teste correlacional aos dados coletados para verificação do índice de confiabilidade do questionário; (5) Formatação de sua versão final. Os dados coletados permitiram também: (6) Realização da análise descritiva dos resultados obtidos, e (7) Comparativo entre os votos dos respondentes e as condições reais de AS. Por fim, é também realizado (8) Comparativo entre os resultados das amostras de Curitiba e de Hong Kong.

## Materiais e Método

A Figura 1 apresenta as etapas realizadas para alcançar os objetivos do trabalho, e nas seções subsequentes, é feita uma descrição pormenorizada de cada uma delas.

FIGURA 1 – Etapas da Pesquisa.

Os autores, 2018.

Nº	Descrição	Objetivos	Materiais
1	Execução do processo de <i>back translation</i>	Traduzir, adaptar, formular as questões e organizá-las em forma de questionário, objetivando levantar a percepção dos moradores em relação ao acesso solar com base na literatura correlata ao tema (PRIETO, 1992).	Revisão teórica
2	Validação do questionário	Submeter instrumento de coleta de dados à avaliação de cinco especialistas doutores na área de iluminação natural, para análise e correção da clareza, adequação e coerência em relação aos objetivos do instrumento de coleta de dados (RAYMUNDO, 2009).	Revisão teórica
3	Execução do teste piloto com o questionário	Realizar avaliação preliminar do instrumento de coleta de dados, aplicando-o em indivíduos selecionados de uma amostra retirada da população avaliada, com a finalidade de identificar falhas na redação, clareza, ambiguidades, exaustão, etc (GIL, 2009).	Questionário elaborado
4	Aplicação do teste correlacional aos dados coletados	Avaliar a consistência interna dos dados preliminares obtidos por meio de testes estatísticos.	IBM SPSS Statistics 22
5	Formatação da versão final do questionário	Obter a versão final do instrumento de coleta de dados	Outros
6	Comparativo entre percepção dos indivíduos e condições reais de acesso solar nas unidades habitacionais	Verificar qualitativamente o grau de acurácia entre a disponibilidade de acesso solar na moradia e a percepção dos respondentes	SketchUp Pro 2017

## Back translation

Para Harkness & Schoua-Glusberg (1998), o processo de back translation envolve: (1) tradução do texto original (Source Language Text One, SLT1) para uma segunda língua, criando um texto traduzido (Target Language Text, TLT); (2) o TLT é traduzido de volta para a linguagem do SLT1 por um segundo tradutor, desconhecido do tradutor de SLT1 e sem conhecimento do processo anterior. Esta segunda tradução, denominada back translation, é a SLT2. O próximo passo é (3) a comparação de SLT1 a SLT2; e o último passo (4) é realizar, com base nas diferenças e similaridades entre SLT1 e SLT2, a análise acerca da equivalência entre TLT e SLT1.

No início do processo de back translation, o conteúdo original do questionário (SLT1) foi traduzido por dois indivíduos bilíngues (português e inglês) ligados à área de iluminação natural, de forma independente, com o intuito de preservar o significado de termos específicos da área. As duas versões do questionário traduzido foram então comparadas em conjunto pelos mesmos indivíduos, que, após analisarem e discutirem o conteúdo das duas traduções, realizaram a conciliação das mesmas, produzindo a tradução final (TLT). Esta foi então traduzida para o inglês por tradutor independente (SLT2), com vivência de cinco anos em país de língua inglesa, sem conhecimento do processo anterior de tradução que o questionário havia sofrido e da finalidade da tradução que realizou.

Na sequência, as duas versões (SLT1 e SLT2) foram avaliadas, a fim de se observar o grau de similaridade e divergência entre as mesmas. O comparativo entre estas duas versões permitiu verificar que as mesmas eram similares, sem divergências que prejudicassem o sentido das questões. Após os ajustes finais, obteve-se a versão final do instrumento de coleta de dados, composto por nove questões fechadas.

## Validação do questionário

Raymundo (2009) denomina validação o processo de examinar a precisão de uma determinada predição ou inferência feita a partir dos escores de um teste. A validade de conteúdo não é determinada estatisticamente, não pode ser expressa por um coeficiente de correlação, mas resulta do julgamento feito por diferentes examinadores especialistas, que analisam a representatividade dos itens em relação às áreas de conteúdo e à relevância dos objetivos a medir. (RAYMUNDO, 2009).

A seleção dos especialistas responsáveis por avaliar e validar o conteúdo do instrumento de pesquisa atendeu aos seguintes critérios de escolha: professores universitários doutores, ligados à área de arquitetura e engenharia, brasileiros, com experiência acadêmica mínima de cinco anos em temas de pesquisa relacionados à iluminação natural. Cinco profissionais com este perfil foram convidados, e realizaram a avaliação com vistas à validação do conteúdo do questionário em formulário específico, disponibilizado de forma online por meio da plataforma Qualtrics®. Avaliaram-se os itens objetivo, clareza e coerência de cada uma das nove questões em uma escala do tipo Likert como “muito inapropriado”, “inapropriado”, “apropriado” ou “muito apropriado”. Disponibilizou-se também um campo aberto para o registro de sugestões, que foram integralmente incorporadas. As alterações sugeridas pelos avaliadores concentraram-se na substituição de termos técnicos ou não usuais por outros mais comuns (e.g., “higienização” ao invés de “sanitização”).

## Teste piloto

A amostra da população avaliada (moradores de conjuntos habitacionais na cidade de Curitiba – PR) foi selecionada entre moradores de dois conjuntos habitacionais localizados na Rua Solimões, Bairro Mercês, zona norte da cidade, cuja implantação é apresentada na Figura 2.

FIGURA 2 - Implantação dos conjuntos habitacionais norte/sul e leste/oeste

Adaptado de Google Maps (2018).

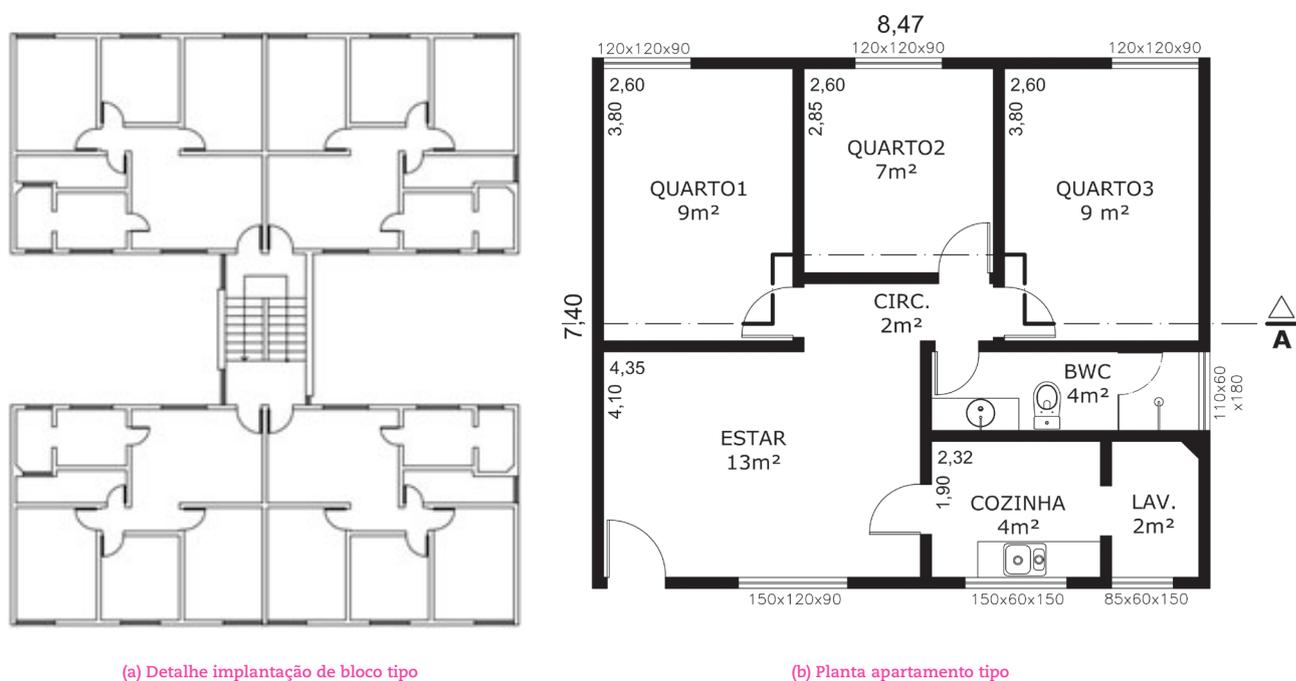


Tais conjuntos foram selecionados por possuírem características favoráveis à pesquisa. Ambos apresentam aberturas envidraçadas aproximadamente direcionadas às orientações norte, sul, leste e oeste. A leitura da carta solar para Curitiba permitiu verificar que, para fachadas orientadas a norte, há disponibilidade de luz solar tanto no período de inverno quanto no de verão. Nas fachadas orientadas a sul, não há AS no inverno; apenas no verão, em poucas horas no início da manhã, e ao final da tarde.

O primeiro conjunto habitacional avaliado, denominado N/S, é composto por oito blocos denominados de A a H, com quantidade de andares variável, e um total de 118 unidades habitacionais. Os blocos estão dispostos em duplas, que por sua vez são dispostas de forma a formar um cânion urbano que contém fachadas orientadas a aproximadamente norte e sul.

O segundo conjunto, denominado de L/O, também é composto por oito blocos denominados de A a H, com quantidade de andares variável, e um total de 144 unidades habitacionais. Os blocos também são dispostos em duplas, que por sua vez também são orientadas de forma a formar um cânion urbano, com fachadas aproximadamente a leste e oeste.

Os apartamentos são tipo, com plantas equivalentes em metragem (60 m<sup>2</sup>), distribuição dos ambientes e disposição das aberturas. Isto propiciou maior uniformidade nas condições físicas dos ambientes avaliados, favorecendo comparativos. A Figura 3 (a) e (b) apresenta a composição dos blocos e do apartamento tipo.



(a) Detalhe implantação de bloco tipo

(b) Planta apartamento tipo

FIGURA 3 - Implantação dos conjuntos habitacionais norte/sul e leste/oeste

Os autores (2018).

As relações entre área da parede x abertura envidraçada (WWR - window to wall ratio) dos ambientes permaneceram com pouca variação (16% e 23%), e as relações entre área do piso e abertura dos ambientes oscilaram entre 10% e 20% [Figura 4].

WWR							
Ambiente	Área parede (m <sup>2</sup> )			Área janela (m <sup>2</sup> )			%
	Largura	Pé direito	Total	Largura	Altura	Total	
Quarto	2,6	2,4	6,24	1,2	1,2	1,44	23,1
Sala	4,35	2,4	10,44	1,5	1,2	1,8	17,2
Cozinha	2,32	2,4	5,57	1,5	0,6	0,9	16,2

WFR							
Ambiente	Área piso (m <sup>2</sup> )			Área janela (m <sup>2</sup> )			%
	Largura	Pé direito	Total	Largura	Altura	Total	
Quarto	2,6	2,85	7,41	1,2	1,2	1,44	19,4
Sala	4,35	4,1	17,84	1,5	1,2	1,8	10,1
Cozinha	2,32	1,9	4,41	1,5	0,6	0,9	20,4

FIGURA 4 - Relações WWR e WFR por ambiente

Os autores (2018).

O estudo contou com n=33, representando 13% da população total. Sua seleção considerou os apartamentos cujas janelas dos quartos estivessem voltadas para a área interna (cânion) [Figura 5].

FIGURA 5 – Habitações pertencentes à amostra (em vermelho)

Fonte: Adaptado de Google Maps (2018).



(a) Cânion N/S

(b) Cânion L/O'

Realizaram-se ordenações probabilísticas separadamente para o total de unidades habitacionais voltadas para os cânions de cada uma das orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).

Os questionários foram aplicados entre 3 e 6 de março de 2014. Quando não havia ninguém na residência, ou quando o morador declinava ao convite de participar da pesquisa, passava-se para a próxima moradia determinada pela lista. O indivíduo que atendia o pesquisador era convidado a participar da pesquisa. Esse procedimento foi realizado até que houvesse pelo menos oito questionários respondidos para cada uma das quatro orientações avaliadas.

O questionário foi composto por um total de 22 questões, divididas em duas partes. A primeira continha campos para identificação e data, além de 13 questões sobre o perfil do respondente (sexo, idade, estado civil, grau de formação); possuía também questões relacionadas ao tempo de residência, quantidade de moradores e horas de permanência no apartamento. A segunda parte do questionário continha as nove questões relacionadas à percepção do AS.

A aplicação do questionário foi feita pelo pesquisador, atento a eventuais dificuldades de compreensão das questões

## Índice de confiabilidade

A confiabilidade dos dados obtidos pelo questionário foi calculada pelo método de Cronbach. Para Sampieri et al. (2006), a confiabilidade é o grau de consistência e coerência dos resultados originados de um instrumento de coleta de dados. Maroco e Garcia-Marques (2006) apresentam a fórmula de cálculo do alfa de Cronbach conforme indicado a seguir.

$$\alpha = \frac{k}{(k-1)} \times \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^k S_j^2}{S_T^2} \right]$$

Onde:

$k$  é o número de itens (questões) do instrumento,

$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$  é variância do item  $j$  ( $j=1, \dots, k$ ),

$S_T^2$  é a variância dos totais,

$\alpha$  é o alfa de Cronbach.

O alfa de Cronbach varia de 0 a 1,0; medidas mais altas indicam maior confiabilidade dos dados, e valores entre 0,60 e 0,70 representam o limite inferior de aceitabilidade do índice (HAIR et al., 2005). Maroco e Garcia-Marques (2006) salientam que, de maneira geral, uma confiabilidade apropriada deve apresentar um valor de ao menos 0,70 para o alfa de Cronbach.

Para a definição do índice, avaliaram-se as respostas às questões relacionadas a: (1) entrada de luz solar nos ambientes do apartamento; (2) preferência de período para entrada da luz solar nos ambientes do apartamento; (3) suficiência da luz solar nos ambientes do apartamento; (4) importância da luz solar nos ambientes do apartamento; (5) preferência de quantidade de entrada da luz solar nos ambientes do apartamento; (6) quantidade de horas de luz solar nos ambientes do apartamento; (7) aspectos positivos da luz solar e; (9) percepção sobre os aspectos ambientais no apartamento de maneira geral. A questão (8), sobre os aspectos negativos da luz solar, foi excluída da análise, pois não houve um número suficiente de opções escolhidas pelos respondentes que possibilitasse o cálculo de sua consistência.

Para as questões 1 e 2 referentes à incidência de luz solar no interior dos apartamentos e à preferência em relação à incidência de luz solar no interior dos apartamentos respectivamente, foi aplicado um procedimento de agrupamento. Este teve o objetivo de reduzir o resultado para apenas uma variável por questão. Este procedimento permitiu obter apenas um valor para a incidência ou preferência de luz solar nos ambientes do apartamento, de maneira que o valor 0 indica que nunca há incidência de luz no ambiente; o valor 1 indica que em um período do dia há luz solar no ambiente; o valor 2 indica que a luz solar incide em dois períodos; o valor 3 indica que durante todo o dia há incidência de luz solar; e o valor -1 indica que a incidência de luz solar naquele ambiente é indiferente para o respondente.

## Versão final do questionário

O acompanhamento realizado pelo pesquisador durante o preenchimento dos questionários (n=33) possibilitou a avaliação do grau de entendimento do que se perguntava. Apenas uma questão (Q.9, sobre a percepção acerca dos aspectos ambientais no apartamento de maneira geral) causou dúvidas. Assim, as opções “insuficientemente”, “suficientemente” e “excessivamente” foram substituídas consecutivamente por “pouco”, “suficiente” e “muito”. Para as demais questões, o formato obtido após a etapa de validação do instrumento de coleta de dados mostrou-se adequado.

## Comparativo entre percepção e condições reais de AS

Complementarmente à análise, buscou-se verificar o grau de acuidade da percepção dos indivíduos quanto aos períodos com incidência solar no interior de suas habitações. Para isso, gerou-se um modelo tridimensional esquemático dos edifícios avaliados com o software SketchUp Pro 2017. Consideraram-se as curvas de nível do terreno, a volumetria das edificações, obstruções e o andar dos apartamentos. Como dados de entrada, foram informadas a latitude e longitude do local (aproximadamente 25,41°S e 49,29°W) e horários de análise (08h00 às 17h00). Adotaram-se como referência os solstícios de inverno e verão, que correspondem às situações mais diferenciadas, em se tratando de alturas solares.

Para a realização das simulações, selecionaram-se sempre duas unidades habitacionais para cada orientação avaliada (norte, sul, leste e oeste): o térreo e o último andar, situados no meio de cada bloco. Como resultado, obteve-se a visualização em corte dos ambientes (quartos), bem como a existência ou não de AS para cada orientação, solstício, andar e horário pré-determinado.

A Figura 6 apresenta um exemplo de sequência de simulações obtidas. A avaliação foi qualitativa; observou-se a ocorrência ou não da mancha de sol no interior dos ambientes. No caso apresentado (cânion leste, solstício de inverno, último andar, das 08h00 às 17h00), verificou-se a presença de AS das 08h00 às 11h00.

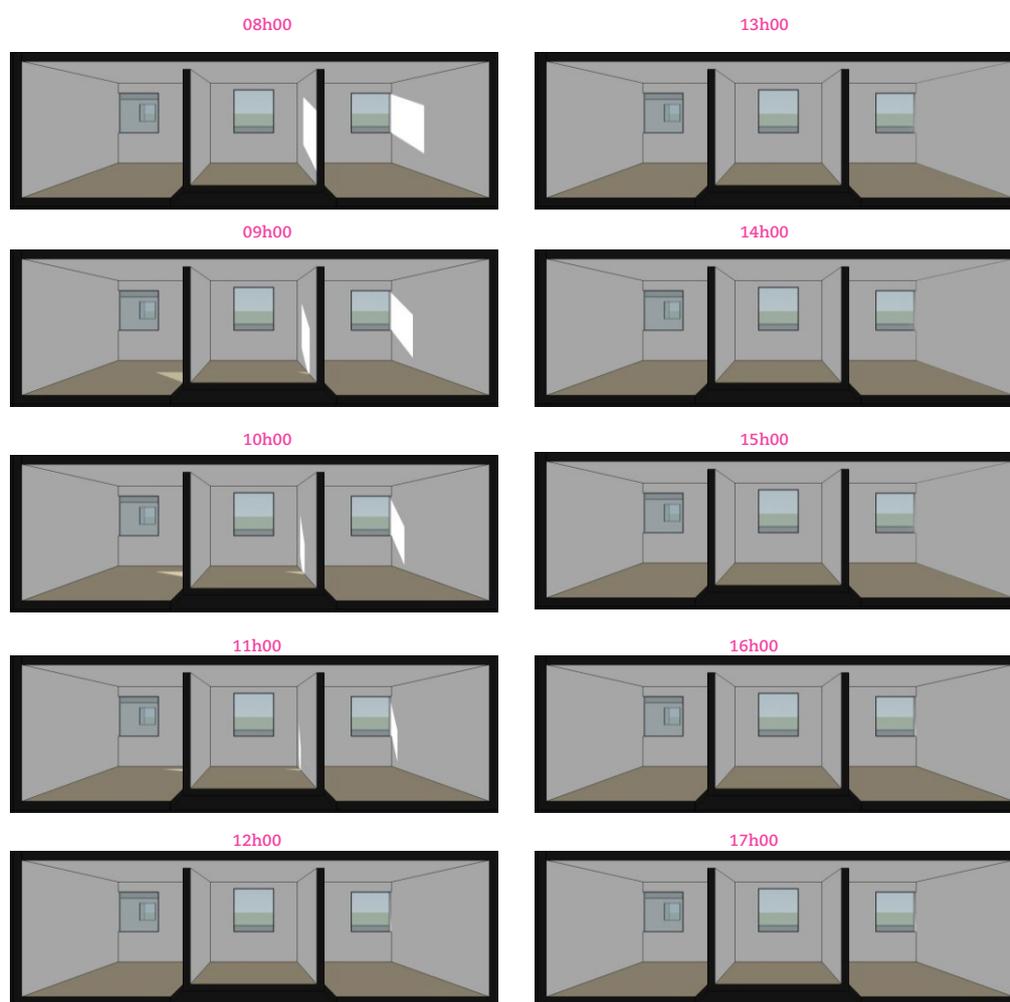


FIGURA 6 – Exemplo de simulações para a verificação dos horários com AS

Os autores (2018).

A tabulação dos resultados obtidos com a avaliação qualitativa das imagens geradas pelas simulações é apresentada na Figura 7.

FIGURA 7 – Horários com AS  
Os autores (2018)

Orientação	Configurações		Horários avaliados									% horas com acesso solar	
	Solstício	Andar	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h		17h
N	Inverno	Térreo											40
		Cobertura											100
	Verão	Térreo											0
		Cobertura											20
S	Inverno	Térreo											0
		Cobertura											0
	Verão	Térreo											20
		Cobertura											40
L	Inverno	Térreo											20
		Cobertura											40
	Verão	Térreo											30
		Cobertura											40
O	Inverno	Térreo											20
		Cobertura											30
	Verão	Térreo											20
		Cobertura											50

## Resultados

### Índice de Confiabilidade

O alfa de Cronbach calculado para o questionário foi de 0,838; assim, atestou-se a consistência e a coerência das questões, exceto pela Questão 8, que levantou as razões pelas quais não se aprecia a luz solar dentro da moradia. Como não houve quantidade suficiente de respostas (os respondentes possuíam a opção de selecionar todas, algumas ou nenhuma das opções oferecidas), não foi possível determinar estatisticamente o índice de confiabilidade desta questão.

### Formato final do questionário

Ao final das etapas de desenvolvimento do questionário, obteve-se a formatação apresentada na Figura 8.

FIGURA 8 – Formato final do instrumento de coleta de dados  
Os autores (2018).

Nº	Enunciado da Questão	Opções de resposta
1	Em que períodos do dia você tem entrada de luz solar nos seguintes ambientes de seu apartamento? (Se necessário, assinale mais de uma opção para cada ambiente). (*)	(1) Nunca (2) Manhã (3) Meio-dia (4) Tarde
2	Em que períodos do dia você preferiria ter luz solar nos ambientes de seu apartamento? (Se necessário, assinale mais de uma opção para cada ambiente). (*)	(1) Nunca (2) Manhã (3) Meio-dia (4) Tarde (5) Indiferente
3	Você acha que a luz solar que entra no seu apartamento é: (Assinale uma opção para cada ambiente). (*)	(1) Excessiva (2) Suficiente (3) Pouca
4	Para você, o grau de importância da luz solar nos ambientes de seu apartamento é: (Assinale uma opção para cada ambiente). (*)	(1) Muito baixo (2) Baixo (3) Indiferente (4) Alto (5) Muito alto
5	Em relação à luz solar que entra em seu apartamento, você preferiria: (Assinale uma opção para cada ambiente).	(1) Nenhuma luz solar (2) Menos que atualmente (3) Manter o acesso atual (4) Mais que atualmente (5) O máximo possível
6	Quantas horas com luz solar você preferiria ter diariamente em seu apartamento? : (Assinale uma opção para cada ambiente). (*)	(1) Nenhuma luz solar (2) De 1 a 2 horas (3) De 2 a 3 horas (4) De 3 a 4 horas (5) Mais de 4 horas

7	Quais são os principais aspectos positivos da luz solar? (Selecione quantas opções achar necessário).	(1) Melhoria da saúde (2) Melhoria do humor (3) Melhoria da iluminação (4) Aquecimento (5) Secagem de roupas (6) Higieneização (7) Desumidificação do ambiente (8) Crescimento das plantas
8	Quais são os principais aspectos negativos da luz solar? (Selecione quantas opções achar necessário).	(1) Excesso de calor (2) Vista ofuscada (3) Risco de câncer de pele (4) Deterioração de mantimentos na cozinha (5) Ressecamento de objetos (6) Desbotamento de objetos
9	De forma geral, qual é a sua percepção sobre os seguintes aspectos de seu apartamento? (Assinale uma opção para cada pergunta).	(1) Pouco (2) Suficiente (3) Muito

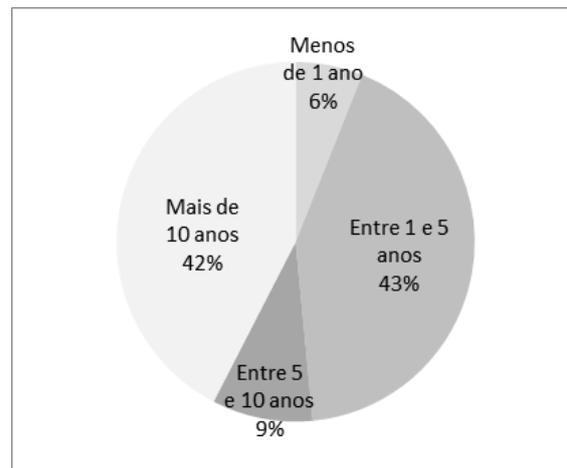
(\*) A questão avalia individualmente os ambientes estar, quarto e cozinha.

### Caracterização da amostra e as preferências quanto ao AS

A amostra foi formada predominantemente por adultos (25 indivíduos, 75,8% do total com 25 a 64 anos, conforme classificação da WHO (1995). A maioria é do sexo feminino (24 indivíduos, 72,7%).

Somente 6% declarou residir no local há menos de um ano; 43% entre 1 e 5 anos, 9% entre 5 e 10 anos, e 42% há mais de 10 anos [Figura 9].

FIGURA 9 – Distribuição da amostra por tempo de ocupação da moradia  
Os autores (2018).



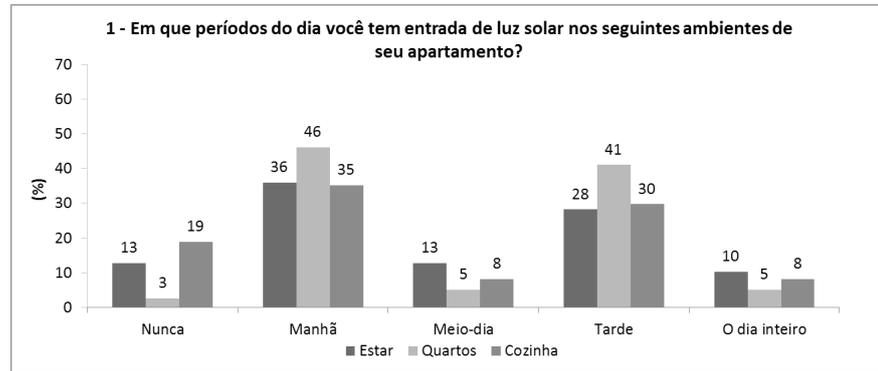
A seguir, são apresentadas as respostas obtidas para cada questão, bem como o comparativo com os dados obtidos pelos idealizadores do questionário em amostra (n=378), em Hong Kong (LAU; NG; HE, 2011), quando aplicável.

### Q1: “Em que períodos do dia você tem entrada de luz solar nos seguintes ambientes de seu apartamento?”

O resultado da Questão 1 (Q1) que verifica a incidência de luz solar no apartamento ressaltou o predomínio da entrada de luz em um dos períodos do dia, manhã ou tarde [Figura 10]. Ademais, os indivíduos afirmaram haver maior incidência solar nestes períodos nos quartos do que na sala de estar e cozinha. Salienta-se que, apesar dos ambientes estar e cozinha sempre se apresentarem na mesma orientação (norte, sul, leste ou oeste), houve diferenças nos resultados. Por último, esta questão revelou que 15% dos respondentes não possuem luz solar na sala de estar em nenhum momento do dia, enquanto 21% nunca a recebem na cozinha. Para os quartos, este fato ocorreu apenas uma vez, representando 3% da amostra.

FIGURA 10 – Períodos de entrada da luz solar

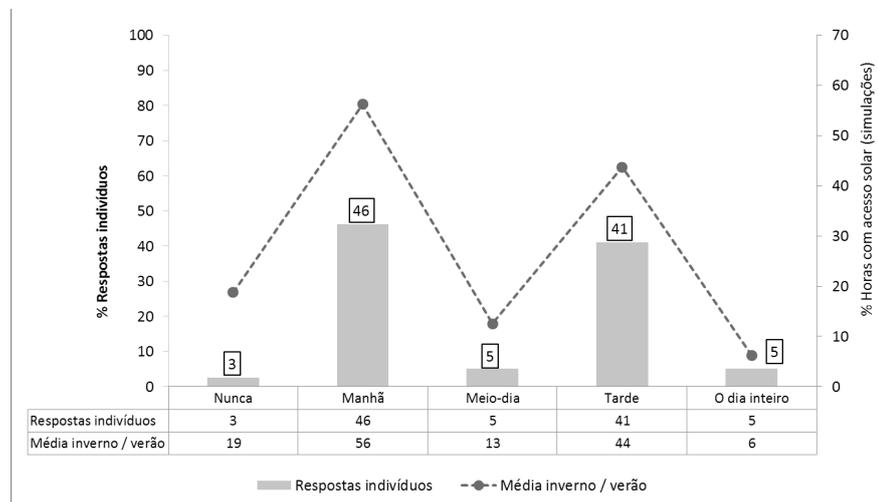
Os autores (2018).



Ao se compararem os resultados das simulações com as respostas dos indivíduos sobre os períodos com entrada de luz solar em suas unidades habitacionais, pôde-se verificar que a percepção dos mesmos possui alta similaridade com as condições reais encontradas. Estes achados são demonstrados na Figura 11.

FIGURA 11 – Períodos de entrada da luz solar

Os autores (2018).



Os resultados revelaram que os indivíduos possuem uma “memória” acerca dos períodos com AS. Este comportamento pode estar relacionado ao tempo de ocupação da moradia, já que 96% da amostra reside há mais de um ano no apartamento. Deste modo, a quase totalidade dos indivíduos provavelmente experimentou as mudanças no acesso à luz natural que ocorrem ao longo das estações do ano.

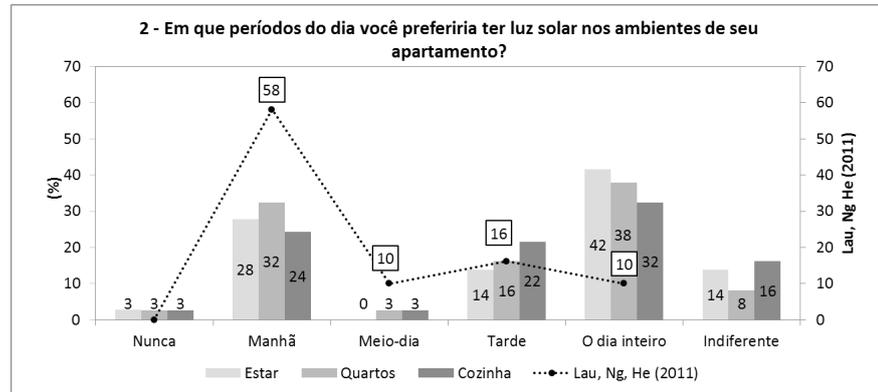
## Q2: “Em que períodos do dia você preferiria ter luz solar nos ambientes de seu apartamento?”

A preferência preponderante dos respondentes levantada pela Q2 é receber luz solar no interior dos apartamentos o dia todo a privilegiar períodos do dia [Figura 12]. Esta preferência contrasta com a situação real encontrada nas moradias, conforme demonstrado na seção anterior. Somente 6% do total amostra obtém AS o dia inteiro, caso das unidades habitacionais com aberturas voltadas ao norte, posicionadas na cobertura, durante o período de inverno. 3% nunca recebem luz natural e insolação, independente do horário do dia e andar.

A opção possuir AS o dia inteiro (42%, 38% e 32%, para estar, quartos e cozinha, respectivamente) é seguida pela opção manhã (média de 28%) e pela tarde (média de 17%). Cita-se ainda a ocorrência de um respondente que afirmou que não gostaria de receber luz solar em nenhum momento do dia e em nenhum dos ambientes de seu apartamento. Além disso, registrou-se a ocorrência de indivíduos indiferentes ao acesso de luz nos ambientes (14% para estar, 8% para quartos e 16% para cozinha).

FIGURA 12 – Preferência em relação ao AS

Os autores (2018)



Os demais resultados foram calculados tendo por base a média dos votos para os três ambientes (estar, quartos e cozinha) para cada opção de resposta.

O comparativo entre dados do presente estudo (doravante denominado EC – estudo em Curitiba) e os obtidos por Lau, Ng e He (2011) (EHK – estudo em Hong Kong) permitiu verificar similaridade entre as preferências dos dois grupos somente para o período da tarde, ao se comparar a média para os dois ambientes (17% - EC e 16% - EHK).

Nos demais horários, as respostas divergiram; os indivíduos do EC demonstraram preferência por ter luz solar, em ordem decrescente, o dia inteiro (37%), na manhã (28%), à tarde (17%) e ao meio-dia (2%). Apenas 3% preferiram não ter luz solar nunca, e 13% declararam ser indiferentes a este quesito ambiental.

Os indivíduos do EHK majoritariamente indicaram a manhã como período preferido para ter luz solar (58%), seguido da tarde (16%), ficando o meio-dia e o dia inteiro empatados em 10%. Não houve registro de predileção pela ausência de luz solar.

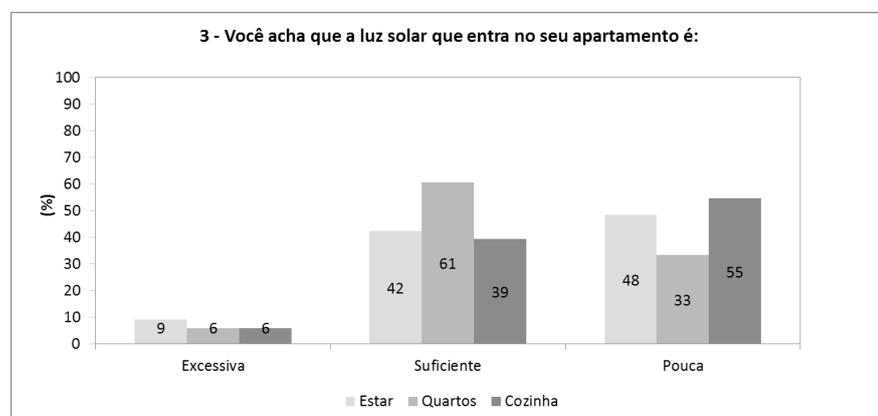
### Q3: “Você acha que a luz solar que entra no seu apartamento é:”

Não se realizaram comparativos para esta questão, visto que as condições de iluminação das unidades habitacionais do EHK são desconhecidas.

As respostas para a Q3 (Figura 8) apontaram que, com exceção dos quartos, onde em 61% dos respondentes julgam que a luz solar é suficiente, a maioria dos moradores não está satisfeita com o AS no interior das residências. O percentual dos moradores insatisfeitos atingiu 48% para o estar e 55% para a cozinha. Destaca-se que para o estar, 9% dos moradores afirmaram haver excessiva entrada de luz solar, enquanto que para os quartos e cozinha, este número caiu para 6%.

FIGURA 13 – Suficiência da luz solar

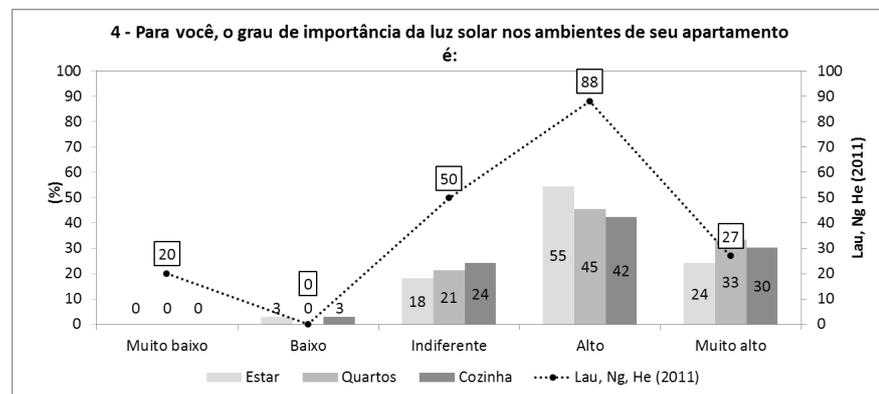
Os autores (2018).



#### Q4: "para você, o grau de importância da luz solar nos ambientes de seu apartamento é: "

No EC, em todos os ambientes, a importância da luz solar foi considerada alta pela maioria, conforme resultados da Q4 (Figura 14). Encontrou-se o maior percentual (55%) para o estar, seguido pelos quartos (45%) e cozinha (42%). Nenhum respondente declarou que a importância da luz solar é muito baixa, e um morador afirmou que no estar e na cozinha a luz solar tem pouca importância. Embora a opção que indicava uma percepção de importância "muito alta" para a luz solar não tenha sido maioria em nenhum dos ambientes, o somatório de seus valores aos da opção "alto" evidencia a importância do AS em todos os ambientes pela maioria dos moradores. Este procedimento revelou que os indivíduos da amostra julgam que a luz solar é altamente importante no estar e quartos (77%) e na cozinha (72%).

FIGURA 14 – Importância da luz solar  
Os autores (2018).

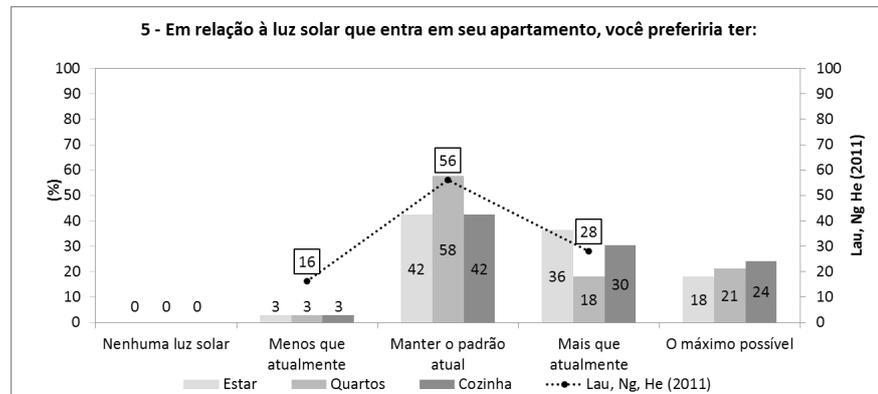


O comparativo entre o EC e o EHK também permitiu observar que, ainda que os valores numéricos tenham sido distintos para os dois grupos, a distribuição dos votos entre as opções de resposta seguiu a mesma tendência nos dois estudos. A presença de luz solar nas habitações foi considerada predominantemente relevante; a maioria dos indivíduos a considerou alta (média entre ambientes do EC=47% e EHK=88%), e muito alta (média dos ambientes do EC=29% e EK=27%). Em contrapartida, para a opção baixa importância, houve apenas um voto (3%) no EC e nenhum voto no EHK. Para a opção "muito baixo", não houve nenhum voto para o EC (contra 20% no EHK).

#### Q5: "Em relação à luz solar que entra em seu apartamento, você preferiria: "

Como resposta à Q5, em todos os ambientes, a opção mais escolhida foi a de manter o padrão atual; o maior percentual encontrado com esta resposta foi nos quartos, com 58%, seguido pelo estar e cozinha, com 42% cada. Entretanto, se somadas as duas opções que possibilitam maior entrada de luz solar nos ambientes, "Mais que atualmente" e "O máximo possível", a proporção de moradores que gostariam de aumentar o acesso é maior no estar e na cozinha, com 55% em cada. Para os quartos, este percentual é de 39%, o qual ainda fica abaixo da taxa de moradores que desejam manter o padrão atual de AS. Cita-se um morador que gostaria de diminuir a quantidade de luz solar em todos os ambientes do seu apartamento. Estes dados são apresentados na Figura 15.

FIGURA 15 – Importância da luz solar  
Os autores (2018).

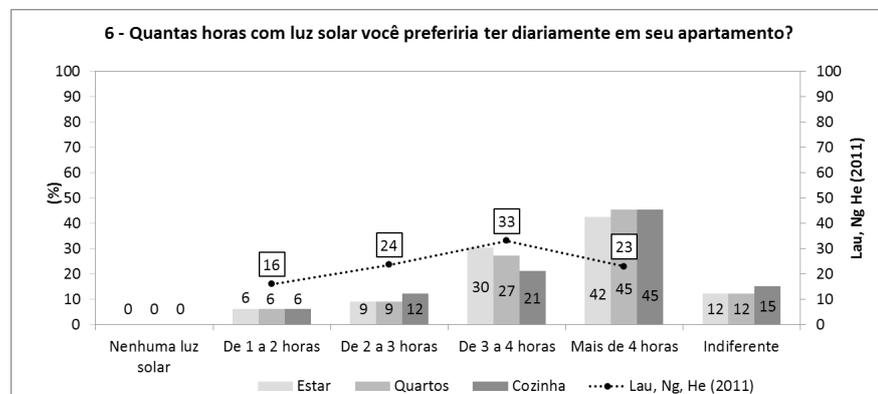


O comparativo entre os resultados do EC e o EHK permitiu verificar similaridades sobre o entendimento quanto à preferência por luz solar em ambientes. Para os dois grupos, a ordem decrescente dos votos foi a mesma: 47% (EC) e 56% (EHK) prefeririam manter o padrão atual de entrada da luz solar; 28% para EC e EHK afirmaram preferir mais luz solar no apartamento do que possuíam; e 3% (EC) e 16% (EHK) prefeririam ter menos luz solar. Somente o grupo do EC teve indivíduos com votos para a opção “o máximo possível” (média de 21% para todos os ambientes), sendo que nenhum voto para a opção “nenhuma luz solar” foi registrado.

#### Q6: “Quantas horas com luz solar você preferiria ter diariamente em seu apartamento?”

Como complemento à questão anterior, a Q6 verificou a preferência em relação à quantidade de horas com AS em cada ambiente dos apartamentos [Figura 16]. Como resultado, verificou-se que quase metade dos respondentes (44%) gostaria de mais de quatro horas de luz solar diariamente em suas residências; não houve diferenciação significativa entre votos para cada ambiente (42% para estar e 45% para quartos e cozinha). O período de 3 a 4 horas foi o segundo mais votado (26%), seguido pelo de 2 a 3 horas (10%) e 1 a 2 horas (6%). Nenhum voto foi registrado para a opção “nenhuma luz solar”. Os indivíduos que consideraram indiferente<sup>1</sup> a quantidade de horas com AS no apartamento foi igual a 13% (média dos votos dos três ambientes).

FIGURA 16 – Aspectos positivos da luz  
Os autores (2018).



1 A opção de resposta “indiferente” não consta no formato original do questionário.

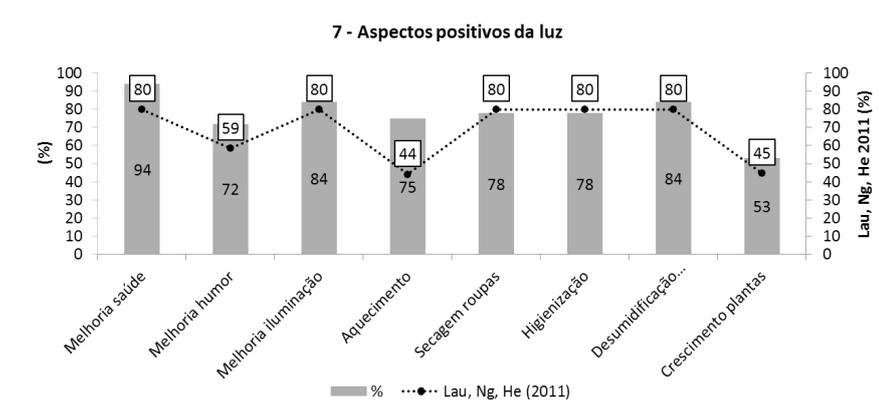
O total de votos atribuídos a cada opção para cada grupo (EC e EHK) indica a tendência das duas amostras a preferir a entrada de luz solar em no mínimo 3 a 4 horas por dia. No comparativo geral, entretanto, observou-se que a EC tendeu a apreciar mais horas diárias com sol do que EHK.

#### Q7: “Quais são os principais aspectos positivos da luz solar?”

Dos fatores positivos da luz solar, levantados pela Q7, o mais escolhido pelos respondentes foi a melhoria da saúde com 94%, ou seja, somente três indivíduos não julgaram este item relevante. Cabe ressaltar que, ainda que as duas amostras sejam compostas por indivíduos leigos acerca da temática luz e saúde, suas respostas denotam uma percepção consciente da importância do acesso à insolação e à luz natural para a salubridade de suas moradias.

Em segundo lugar, vieram as opções referentes à melhoria da iluminação e à desumidificação do ambiente, com 28 indicações cada (84%). Todas as demais opções foram marcadas por mais de 72% dos entrevistados, com exceção ao item que trata da influência positiva da luz solar no crescimento de plantas, que foi selecionado por 53% da amostra. Mesmo tendo o pior desempenho, este foi considerado importante por mais da metade do total da amostra. Os dados são apresentados na Figura 17.

FIGURA 17 – Aspectos positivos da luz  
Os autores (2018).



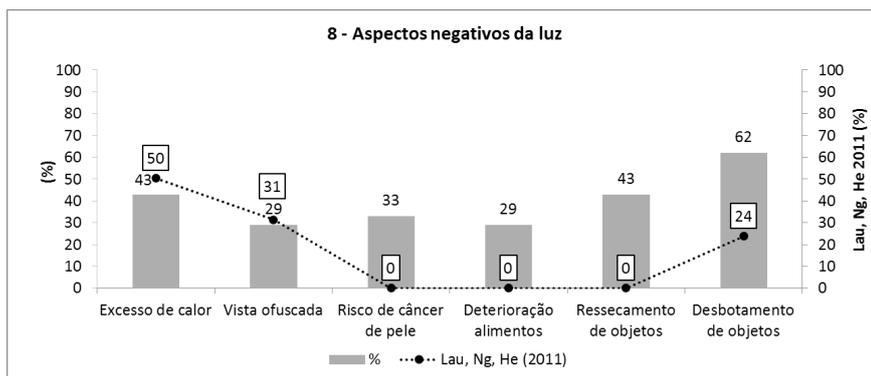
Ao se comparar os resultados obtidos para o EC e EHK, observou-se alinhamento na distribuição dos percentuais de votos para cada opção de aspecto positivo da luz. Cita-se a coincidência para a variável com menor frequência de votos nas duas amostras, a opção “crescimento plantas” (EC=53% e EHK=45%). Cabe destaque ao desempenho do aspecto “aquecimento”; Lau, Ng e He (2011) relataram que a quantidade de votos para esta opção (na amostra do EHK) ficou abaixo do que o esperado pelos pesquisadores. Para o EC, o percentual de votos para esta opção foi de 75%.

#### Q8: “Quais são os principais aspectos negativos da luz solar?”

Em contraste com os resultados obtidos na questão anterior (Q7, principais aspectos positivos da luz solar), na Q8, que tratava dos aspectos negativos da luz solar, apenas a opção desbotamento de objetos foi assinalada por mais da metade dos respondentes, 62% do total [Figura 18]. Na sequência, estão as opções referentes ao excesso de calor e ao ressecamento de objetos, que representaram 43% cada. O desconforto causado por ofuscamento foi relatado por 29% dos indivíduos. No geral, os respondentes apontaram muito poucos aspectos negativos relacionados à luz solar, o que impossibilitou inclusive a inclusão desta questão no procedimento de avaliação da confiabilidade pelo teste alfa de Cronbach.

FIGURA 18 – Aspectos negativos da luz

Os autores (2018).



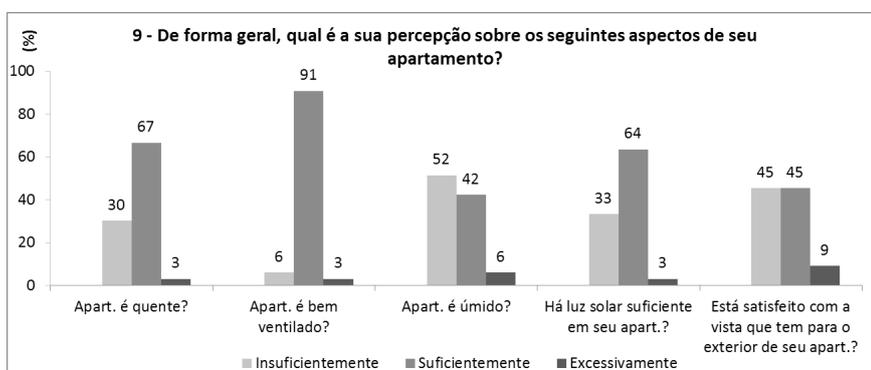
Ainda que se tenha uma quantidade de votos restrita para esta questão, ao se comparar os achados dos dois estudos, constatou-se distinta divergência. No EHK, três aspectos negativos não receberam nenhum voto (risco de câncer na pele, deterioração de alimentos e ressecamento de objetos), sendo que o aspecto mais votado foi excesso de calor (50%). Entretanto, no EC todas as alternativas receberam votos, sendo que a opção desbotamento de objetos foi a mais votada (62%).

#### Q9: “De forma geral, qual é a sua percepção sobre os seguintes aspectos de seu apartamento?”

A Q9 versava sobre aspectos ambientais diversos dos apartamentos, e solicitava que os indivíduos os classificassem entre as opções “Insuficientemente”, “Suficientemente” e “Excessivamente” [Figura 19].

FIGURA 19 – Percepção geral sobre o apartamento

Os autores (2018).



A variável ambiental mais positivamente avaliada foi a ventilação; 91% considerou sua unidade habitacional “bem ventilada”; sendo que apenas 9% a considerou insuficiente (6%) ou excessiva (3).

A segunda condição ambiental mais bem avaliada foi o isolamento térmico, representado pela questão “- Seu apartamento é quente?”. 67% do total considerou que seu apartamento é suficientemente quente, em contraposição aos 33% restantes, que classificaram o isolamento deficiente, gerando calor insuficiente (30%) ou excessivo (3%).

Quanto à umidade, 52% da amostra consideraram que esta era insuficiente, e 6%, excessiva; os demais (42%) a classificaram como suficiente.

Apesar dos resultados obtidos na análise das questões anteriores, a luz solar incidente no interior do apartamento foi descrita como suficiente por 64%. 33% a consideraram insuficiente, e somente um indivíduo a entendeu como excessiva.

Por fim, houve um empate (45%) entre a satisfação com a vista para o exterior que as aberturas do apartamento proporcionavam (insuficiente ou suficiente), sendo que 9% consideraram-se excessivamente satisfeitos com sua vista.

## Considerações finais

O procedimento adotado para a validação do questionário destinado ao registro da percepção quanto ao AS demonstrou-se eficiente em oito das nove questões avaliadas. O alfa de Cronbach calculado de  $\alpha = 0,838$  atestou a confiabilidade do instrumento de coleta de dados. Mesmo a impossibilidade de se determinar a confiabilidade estatística da questão que tratava dos aspectos negativos da luz solar (Q8) constituiu-se numa informação relevante no contexto da pesquisa. O fato de não ter sido obtido um número suficiente de respostas para esta questão reforça a importância da possibilidade de acesso à iluminação natural e à insolação, para a amostra avaliada.

Quanto à capacidade de percepção do comportamento solar, e conseqüentemente da disponibilidade de AS em suas unidades habitacionais, os resultados obtidos no EC apontaram para uma apreensão bastante acurada. O comparativo entre a percepção dos indivíduos quanto aos horários com AS e os dados obtidos com a simulação de iluminação natural apresentou significativo alinhamento. No entanto, os resultados não permitem afirmar categoricamente que este grau de precisão se deve ao tempo de moradia na unidade habitacional maior que um ano da maioria dos indivíduos (96%) ou a outros fatores. Ademais, o comparativo demonstrou a utilidade do software SketchUp como ferramenta útil na avaliação qualitativa da provisão de AS em interiores.

A análise dos resultados obtidos com o questionário, e o comparativo destes com os resultados levantados pelo questionário original concebido por Lau, Ng e He (2011), permitiu evidenciar as similaridades e/ou disparidades entre as duas populações avaliadas: uma em Curitiba, cidade brasileira de adensamento médio, e outra em Hong Kong, cidade asiática altamente adensada.

Curitiba, de clima temperado marítimo úmido (Cfb, conforme classificação de Köppen) possui temperatura média anual de 16,8°C. O mês mais quente é o de fevereiro, com média de 20,6°C, e o mês mais frio é o de julho (média de 12,9°C).

Hong Kong, por sua vez, possui clima subtropical úmido (Cfa, conforme classificação de Köppen). A temperatura média anual é de 23,9°C. O mês com maior temperatura média é o de julho, com valor médio de 29,4°C, e o mês com menor valor médio de temperatura é o de janeiro (16,7°C).

Considerando estas características, as principais divergências identificadas entre as respostas para os dois grupos parecem denotar a influência que a temperatura média local pode ter nas preferências relacionadas à iluminação natural e na insolação. No tocante aos horários em que o AS é desejado (Q2), observou-se disparidade significativa; o EHK registrou preferência predominante pela manhã, e o EC apresentou votos distribuídos entre manhã, tarde e o dia inteiro. O mesmo se deu para a divergência encontrada para o grau de importância do AS (Q4). Enquanto que no EC nenhum respondente o considerou muito baixo, no EHK 20% assim o fizeram.

Os dois grupos também dissentiram quanto à quantidade preferida de horas com AS (Q6). O EC registrou uma preferência predominante por mais de quatro horas diárias, enquanto que o EHK votou majoritariamente por três a quatro horas. Para a mesma questão, o EC registrou um valor menor de votos para a opção 1 a 2 horas (6%), enquanto que o EHK, 16%. Estes resultados, em conjunto, reforçam a preferência por menor exposição ao AS pelo grupo de clima temperado, e a preferência por maior exposição pelo grupo de clima subtropical.

A apreciação da distribuição dos votos entre os aspectos positivos da luz (Q7) permitiu verificar proporcionalidade nas respostas das duas amostras, exceto para o item aquecimento. Neste caso, os dois estudos apresentaram sensível diferença; o EHK registrou 44%, e o EC, 75%. Mais uma vez, esta diferença pode ter sido ocasionada pela diferença de latitude. Como Hong Kong apresenta a temperatura média anual mais alta (23,9°C contra 16,8°C para Curitiba), é justificável que os indivíduos tenham indicado menos vezes o aquecimento como aspecto positivo da luz solar. O inverso ocorreu com os moradores de Curitiba; sendo a capital mais fria do país (a média de temperatura no

mês mais frio é 12,9°C), era esperado que os indivíduos considerassem o aquecimento como uma característica positiva do AS (75%).

No entanto, a avaliação dos aspectos negativos do AS não mostrou a mesma proporcionalidade anteriormente verificada. Neste caso, o grupo EC apresentou as maiores frequências de votos em quatro das seis opções oferecidas. Os votos do grupo EHK para aspectos negativos do AS excederam os do EC em somente duas situações: excesso de calor e vista ofuscada. Nos quatro demais aspectos, o EHK chegou a zerar a quantidade de votos em três deles. Estes resultados indicam que, no caso do EC, apesar do fato de se apreciar mais o AS, também se reconhecem mais seus aspectos negativos. No caso do EHK, ainda que o AS possa ser fonte de desconforto por calor, os indivíduos aparentam ser mais tolerantes aos demais inconvenientes do excesso de exposição à luz natural.

Como principal limitação do estudo, cita-se a inviabilidade de se verificar in loco o comportamento solar em cada unidade habitacional do EC, cujos moradores responderam ao questionário. Adicionalmente, a reaplicação dos mesmos questionários em outras épocas do ano possibilitaria a realização de um estudo longitudinal.

Os resultados apresentados parecem convergir para a hipótese de que, indiferentemente à latitude e todas as variáveis ambientais por ela influenciadas, a preferência pela presença do acesso à luz natural e à insolação é característica inerente aos indivíduos das amostras avaliadas. Esta valorização pode ser ampliada aos seres humanos como espécie, como resposta biológica frente ao estímulo da luz natural, cujo comprimento de onda e temperatura de cor específicos, bem como seu dinamismo, são essenciais à homeostase (HRASKA, 2015; KULVE et al., 2015; HUEBNER et al., 2016). Como agravante a esta condição de dependência, frisa-se que ainda não é possível simular integralmente as características da luz solar por meio de fontes elétricas de luz (HECHT, 2013).

Em um contexto em que projetos luminotécnicos devam privilegiar o suprimento de necessidades biológicas e subjetivas dos indivíduos que ocupam os espaços arquitetônicos, o desenvolvimento de instrumentos que permitam aprofundar o conhecimento acerca das preferências humanas relacionadas à luz natural e à insolação torna-se particularmente relevante.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de Pós-doutorado Júnior (PDJ), à administração dos edifícios avaliados, e a todos os indivíduos que participaram voluntariamente da pesquisa.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações, parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais - Desempenho: Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ARIES, M. B. C.; AARTS, M. P. J.; VAN HOOFF, J. Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. **Lighting Research & Technology**, v. 47, n. 1, p. 6-27, 2015.

BARON, K.G.; REID, K.J. Circadian misalignment and health. **International Review of Psychiatry**, v. 26, n.2, p.139-154, 2014.

BOUBEKRI, M. **Daylighting, Architecture and Health**. Routledge, 2008.

CASTRO PEREZ, D. R. **Diretrizes solares para o planejamento urbano: o envelope solar como critério para adensamento e verticalização**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2013, 255 p. Tese de Doutorado.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. **CIE Research Strategy**. Viena, Áustria, ago. 2016. Disponível em: <<http://www.cie.co.at/index.php/Research+Strategy>>. Acesso em: 09. out. 2017.

DERUBEIS, R. J.; DANIEL R. S. (eds). **The Oxford Handbook of Mood Disorders**. Oxford University Press, 2017.

ESCH, M. M. E. VAN; LOOMAN, R. H. J.; BRUIN-HORDIJK, G. J. DE. The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 189–200, 2012.

FONSECA, R. W.; FERNANDES, F. F. A.; PEREIRA, F. R. Zoneamento bioclimático referente à iluminação natural para o território brasileiro. XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Balneário Camboriú, Santa Catarina, 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. Studio Nobel, 2001.

GÓMEZ-ABELLÁN, P.; MADRID, J. A.; ORDOVÁS, J. M.; GARAULET, M. Chronobiological aspects of obesity and metabolic syndrome. **Endocrinología y Nutrición** (English Edition), v. 59, n. 1, p. 50–61, 2012.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HARKNESS, J. A.; SCHOUA-GLUSBERG, A. Questionnaires in translation. **ZUMA-Nachrichten Spezial**, v. 3, n. 1, p. 87-127, 1998.

HRASKA, J. Chronobiological aspects of green buildings daylighting. **Renewable Energy**, v. 73, p. 109-114, 2015.

HUEBNER, G. M.; SHIPWORTH, D. T.; GAUTHIER, S.; WITZEL, C.; RAYNHAM, P.; CHAN, W. Saving energy with light? Experimental studies assessing the impact of colour temperature on thermal comfort. **Energy Research & Social Science**, v. 15, p. 45-57, 2016.

KLEIN, O.; SCHLENGER, J. **Basics Room Conditioning**. Birkhäuser, 2017.

KULVE, M.; SCHELLEN, L.; SCHLANGEN, L.J.M.; MARKEN LICHTENBELT, W.D. The influence of light on thermal responses. **Acta Physiologica**, v. 216, n.2, p.163-185, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Eletrobras Procel, 2014.

LAU, K. L.; NG, E.; HE, Z. J. Residents preference of solar access in high-density subtropical cities. **Solar Energy**, v. 85, n. 9, p. 1878–1890, 2011.

LITTLEFAIR, P. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, p. 177-185, 2001.

MARINS, K. R. DE C. C.; ROMÉRO, M. DE A. Integration of urban morphology constraints in the development of a methodology for urban energy planning. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 117–137, 2012.

MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas. **Laboratório de Psicologia**, v. 4, n. 1, p. 65–90, 2006.

MARTAU, B. T. A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. Campinas, 2009. 504 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, 2009.

MESA, N. A.; CORICA, L.; PATTINI, A. Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment. A study in Mendoza, Argentina. *Renewable Energy*, v. 36, n. 9, p. 2414-2423, 2011.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences discussions*, v.4, n.2, p.439-473, 2007.

PHILLIPS, D. **Daylighting**: natural light in architecture. Routledge, 2004.

RAYMUNDO, V. P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje—Estudos e debates em linguística, literatura e língua portuguesa**, v. 44, n. 3, 2009.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. H.; LUCIO, P. B., MURAD, F. C.; GARCIA, A. G. Q. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2006. 624 p.

SANASSI, L. A. Seasonal Affective Disorder: is there light at the end of the tunnel? **Journal of the American Academy of Physician Assistants**, v. 27, n. 2, p. 18-22, 2014.

TAMURA, C. A. **Análise da influência dos parâmetros edífícios na obtenção de acesso solar nas zonas residenciais de Curitiba**. 2010. 231 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

TRENTO, T. P. W.; TAMURA, C. A.; KRÜGER, E. L. Comparação de variáveis luminotécnicas e percepção subjetiva da luz por meio de métodos estatísticos. XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Balneário Camboriú, Santa Catarina, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Physical status: the use and interpretation of anthropometry**. Report of a WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series 854. World Health Organisation, Geneva, 1995.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 22/02/2018 APROVAÇÃO: 11/06/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo guardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

EDUARDO GRALA DA CUNHA , CAROLINA MESQUITA DUARTE, THALITA DOS SANTOS MACIEL, LISANDRA FACHINELLO  
KREBS E RODRIGO KARINI LEITZKE

## Analysis of surrounding urban shadings on an insulated building in a hot and cold Brazilian climates

*Análise do sombreamento do entorno em uma edificação residencial isolada em climas quente e frio do Brasil*

**Eduardo Grala da Cunha**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas (1994), especialização em Engenharia de Produção pela Universidade Católica de Pelotas (1995), Mestrado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1999), Doutorado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005) e pós-doutorado (Universidade de Kassel, 2007/2008). É revisor dos Periódicos Ambiente Construído, Journal of Civil Engineering and Architecture, Oculum Ensaios, Arquitectos, Revista Brasileira de Ciências Ambientais, Revista de Arquitetura Imed, Tecnologia e Sociedade e PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas e Pesquisador com Bolsa Produtividade CNPq.

*Architect and Urban Planner from the Federal University of Pelotas (1994), specialist in Production Engineering from the Catholic University of Pelotas (1995), Master's degree in Architecture from the Federal University of Rio Grande do Sul (1999), Ph.D. in Architecture from the Federal University of Rio Grande do Sul (2005) and post-doctorate (University of Kassel, 2007/2008). He is a reviewer of the Periodicals Built Environment, Journal of Civil Engineering and Architecture, Oculum Essays, Arquitectos, Brazilian Journal of Environmental Sciences, Magazine of Architecture Imed, Technology and Society and PARC Research in Architecture and Construction. He is currently Associate Professor at the Federal University of Pelotas and researcher with a scholarship from CNPq.*

**eduardogralacunha@yahoo.com.br**

**Carolina Mesquita Duarte**

Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL. Atualmente, integrante do grupo de pesquisa Tecnologia e gestão do ambiente construído (PROGRAU/UFPEL); Possui experiência em Simulações Computacionais de Conforto e Eficiência Energética.

*Academic of the course of Architecture and Urban Planning by the Federal University of Pelotas, UFPEL. She currently is a member of the research group Technology and Management of the Built Environment (PROGRAU / UFPEL); She has experience in Computational Simulations of Comfort and Energy Efficiency.*

**carolinademesquitaduarte@hotmail.com**

**Thalita dos Santos Maciel**

Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL. Atualmente, integrante do grupo de pesquisa Tecnologia e gestão do ambiente construído (PROGRAU/UFPEL); Possui experiência em Simulações Computacionais de Conforto e Eficiência Energética.

*Academic of the course of Architecture and Urbanism by the Federal University of Pelotas, UFPEL. She currently is a member of the research group Technology and Management of the Built Environment (PROGRAU / UFPEL); She has experience in Computational Simulations of Comfort and Energy Efficiency.*

**thalita-maciel@hotmail.com**

#### **Lisandra Fachinello Krebs**

Arquitetura e Urbanista pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1999) e Mestre em Engenharia Civil pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE)/UFRGS (2005). Atualmente é professora da Universidade Federal de Pelotas, Ph.D. Student na Lunds Universitet (Suécia) e Doutoranda no PROPAR/UFRGS. Atua na área de tecnologia da arquitetura e urbanismo com ênfase em sustentabilidade e conforto no ambiente construído. Atualmente desenvolve pesquisa sobre a influência da vegetação para o conforto térmico em edificações e em seu entorno.

*Architect and Urban Planner by the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS, 1999) and Master of Science in Civil Engineering by the Building Research Innovation Unit at UFRGS (2005). Presently, she is a professor at the Federal University of Pelotas, Ph.D. Student at Lunds Universitet (Sweden) and Doctoral Student at PROPAR/UFRGS. Works in the field of architecture and urban planning, with a focus on sustainability and comfort in the built environment. Currently, develops research about the influence of vegetation to the thermal comfort in buildings and microclimate.*

**liskrebs@gmail.com**

#### **Rodrigo Karini Leitzke**

Acadêmico de Ciência da Computação na Universidade Federal de Pelotas, é bolsista de iniciação científica (CNPq) no Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE). Atualmente, trabalha em pesquisas envolvendo conforto térmico, eficiência energética e soluções computacionais para parametrizar e automatizar o processo de simulação termoenergética

*Academic of Computer Science at the Federal University of Pelotas, is a fellow of scientific initiation (CNPq) in the Laboratory of Comfort and Energy Efficiency (LABCEE). He currently works in research involving thermal comfort, energy efficiency and computational solutions to parameterize and automate the thermoenergetic simulation process.*

**rodrigokarinileitzke@gmail.com**

### Resumo

A análise da influência do sombreamento em edificações residenciais não é algo novo. As discussões sobre desempenho termoenergético das edificações, de uma forma geral, consideram os limites de transmitância térmica definidos pela NBR 15575 (2013) e NBR 15220 (2005), as quais não caracterizam um envelope com elevado nível de isolamento térmico. Considerando que o edifício é um sistema e que os elementos opacos e transparentes do envelope impactam seu desempenho termoenergético, a análise da influência do sombreamento do entorno em edifícios residenciais com elevado nível de isolamento térmico passa a ser relevante. O objetivo deste estudo é avaliar a influência do sombreamento do entorno em uma edificação unifamiliar com elevado nível de isolamento térmico, atendendo ao conceito do Standard Passive House. O estudo foi realizado para os climas extremos de frio e calor, representados pelas Zonas Bioclimáticas Brasileiras (ZBB) 1 e 8, respectivamente. Foram realizadas simulações computacionais no software DesignBuilder, que apresenta interface gráfica para o EnergyPlus. Oito diferentes cenários de sombreamento foram testados. Os resultados evidenciaram a relação entre sombreamento da edificação e incremento na eficiência termoenergética. Os níveis ideais de sombreamento, no entanto, variaram. Para o clima quente (ZBB8) o melhor desempenho foi obtido com o maior nível de sombreamento (aplicado a paredes externas e cobertura), confirmando a estratégia bioclimática indicada esta ZBB. Diferentemente, para o clima mais frio (ZBB1), o melhor desempenho foi obtido com um nível menor de sombreamento, incidindo apenas nas paredes externas.

**Palavras-chave:** Sombreamento. Eficiência Energética. Simulação Computacional. Conforto Térmico.

### Abstract

*The analysis of the shading influence on residential buildings is not new. Discussions about building's thermal performance, in general, consider the thermal transmittance limits defined by NBR 15575 (2013) and NBR 15220 (2005), which do not characterize an envelope with a high level of thermal insulation. Considering that the building is a system and the opaque and transparent elements impact on its thermal-energetic performance, the analysis of the surrounding shadings on residential buildings with a high insulation level becomes relevant. The objective of this study is to evaluate the influence of the surrounding shadings on a single-family building with a high level of thermal insulation, taking into account the Passive House Standard. The study was conducted to the extreme cold and warm climates, represented by the Brazilian climate zones (ZBB) 1 and 8, respectively. Computer simulations were performed in the software DesignBuilder, that has a graphic interface for EnergyPlus. Eight different scenarios of shadowing were tested. Results pointed out the relationship between the building shadowing and the increasing in thermo-energetic performance. The ideal levels of shadowing, thus, varied. For the warmer climate (ZBB8), the best performance was obtained with the higher level of shadowing (applied to the external walls and roof), confirming the climate-responsive design strategy fairly indicated to that ZBB. Conversely, for the colder climate (ZBB1), the best performance was achieved with a lower level of shadowing, including only the external walls.*

**Keywords:** Shading. Energy Efficiency. Computer Simulation. Thermal Comfort.

## Introduction

One of the main problems humankind faces today is the high demand for natural resources. Several countries have been searching for alternative means to meet their survival needs, minimising the use of these resources. In such a context, passive energy efficiency strategies emerge. Concerned with these issues, the European Union has published Directive 2010/31/EU, setting targets for the Member States to achieve and meet by 2020, regarding new constructions, which are intended to be buildings with almost zero energy consumption (Nearly-Zero Energy Buildings - NZEB) (EPBD, 2010). The idea is that these buildings have in their genesis energy efficiency measures that passively reduce energy consumption needs related to their use and operation (RUZICKI et al., 2016).

Initiatives aiming to increase building energy efficiency levels have been implemented in Brazil in recent years. In particular, the energy efficiency regulations RTQ-C (Technical Requirements for the Quality of the Energy Efficiency Level of Commercial, Public and Services Buildings) and RTQ-R (Technical Requirements for the Quality of the Energy Efficiency Level of Residential Buildings), and the thermal performance standards of buildings NBR 15220 and NBR 15575 (RUZICKI et al., 2016).

The usually unplanned process of urbanisation and rapid densification of cities tend to generate territorial occupation that ends up extinguishing desirable characteristics of the local environment. One of the causes for high consumption of electric energy is the verticalization of urban meshes. Without proper urban planning, that verticalization creates sites with continuous shading, bringing a high use of electrical equipment to increase the indoor thermal comfort (especially in colder climates).

Tree shading influences the energy performance of buildings. A study published by Duarte et al. (2012) presents tree shading contribution to the reduction of average radiant temperature, causing less absorption and transfer of energy to the environment's interior, thus improving the conditions of thermal comfort. The study was carried out in school buildings, in the Brazilian city of Cuiabá, Mato Grosso. The method consisted of experimental study observing the thermo-hygrometric variables through computational simulations. Close classrooms of same architectural design, construction materials and orientation were analysed, with differences arising exclusively from tree shading. Results indicated a difference of 2°C in internal temperature between the rooms without any shading and the ones with four facades shaded, these deployed in the east-west direction. The shaded North-South oriented room presented internal temperature 1.57°C lower than the room with no shading. That difference generated about 18 to 50% in reduction of annual energy demand for artificial climatisation of the building. Besides, that study indicated that the tree shading also contributed to evaporative cooling and humidification, increasing its benefits to the environment's microclimate.

Littlefair et al. (2010) evaluated different shading devices for different UK offices, such as externally fixed brises, manually controlled internal blinds and external and internal blinds driven through automation.

Salazar (2007) discusses, in his work, different qualitative comparisons between several alternatives of shading, allowing a quick and precise choice of an adequate solution. For the context of this work, such an evaluation is interesting in the proper choice of the proposed device.

Olbina and Beliveau (2009) address the theme of transparent shading devices, regarding the choice of opaque or translucent materials. The objective was to create a new design of transparent curtains, with better natural lighting performance. The study proceeds to the application of a triangular cross-section for slats and the use of transparent plastic and silver reflective film as materials for new consumers, following the principles of optics, considering a case study with new transparent curtains, such as the commercially available opaque ones. The transparent curtains presented the best result in the proposed shading device, opening new possibilities of discussion on the subject.

This study has as primary objective the evaluation of the impact of surrounding shadings in a building with high level of thermal insulation. Evaluation indicators such as levels of internal environment thermal comfort, adaptive comfort, as well as building's energy consumption are observed, with the building being artificially heated and cooled. A quantitative analysis was made, by comparing results obtained in two different Brazilian climates were compared. The projects in the two climates (colder and warmer) had the same architectural design, with the same variables being analysed.

## Method

The method used to perform the work is based on RUZICKI et al. (2016), and is divided into five stages: 1) definition of the research hypothesis; 2) simulation and classification of the energy efficiency according to the RTQ-R levels; 3) modelling the environment and analysing the shadow trace; 4) simulation of the energetic thermal performance of the residence; and 5) analysis and discussion of results.

### **Stage one - Definition of the research hypothesis**

This work seeks to confirm the hypothesis that greater shading incidence in a building with a high level of thermal insulation can increase its thermal-energetic performance.

### **Stage two - simulation and classification of the energy efficiency according to the RTQ-R levels**

The evaluation of the building energy efficiency was carried out for the summer and winter, according to RTQ-R. The analysis is presented in two parts: firstly, the architectural design and the building envelope are characterised; secondly, the building modelling and configuration according to the RTQ-R parameters are described.

## Architectural design

Based on the passive strategies presented by Pouey (2011), and according to the premises of the Passive House concept, Dalbem et al. (2015) developed and published the architectural design of a highly insulated building, on which this study is based. The project represents a single-family residence [1], with a total area of 126.45 m<sup>2</sup>, distributed on 2 floors, with a garage for one car, an integrated kitchen and living room, a solarium, two bedrooms and a bathroom on the ground floor, and the work area, technical area and another bathroom on the second.

A design strategy was defined to avoid the entrance of solar radiation in the summer and to allow it in the winter, considering the building characteristics. For that reason, it was prioritised to have the largest façade to the north, thus increasing the solar radiation gains during winter. This façade is also the one with the highest percentage of openings, and where the solarium is located, with translucent openings and walls, which have elements of solar protection as other window frames, and during the summer period reducing undesirable gains, with the smaller façades facing east and west [2].

FIGURE 1- Architectural design, ground floor and upper floor plans, 2015.

Source: Dalbem et. al. (2015, p.5).



FIGURE 2 - Longitudinal section of the building, 2015.

Source: Dalbem et. al. (2015, p.5).

	Total	North	East	South	West
Gross Wall Area (m2)	219.95	68.64	32.98	85.35	32.98
Window Opening Area (m2)	29.83	22.79	0.48	6.08	0.48
Opening Percentage – frames (%)	13.56	32.20	1.46	7.12	1.46

## Building Envelope Characteristics

Figures [3], [4], [5] and [6] present the main characteristics of the building envelope, as the total thermal transmittance of each element of the construction, which takes into account the internal and external surface resistances according to NBR 15220 (ABNT, 2005). The constructive elements used in the project are following the Passive-On requirements (PASSIVE-ON PROJECT, 2007).

The Passive-On Project defines, among others, the thermal characteristics for climates with distinct climatic seasons, with a high thermal amplitude throughout the day. For that type of climate, the thermal transmittance of the opaque elements in the building envelope defined as the ideal is of approximately  $0.30 \text{ [W / (m}^2\text{.K)]}$ .

## Configuration of simulations according to the RTQ-R parameters

In order to evaluate the energy efficiency of the highly insulated building envelope in the Brazilian climatic zones 1 and 8, simulations were performed in the software DesignBuilder version 3.4.0.041. The envelope parameters were kept the same for both climatic zones. However, the site configurations, such as the weather file and the average soil temperature, were used according to the studied area.

Considering the average values of the internal and external temperatures of the building, and following the RTQ-R requirements, the average soil temperature was calculated through the use of the Slab device, linked to Energy Plus. In the project, 3mm double glass frames were used, with a 13mm air chamber, the solar heat gain coefficient (SHGC) of 0.69 and thermal transmittance (U) of  $1.96 \text{ [W / (m}^2\text{.K)]}$ . The PVC white frame has thermal transmittance (Chase) of  $3.633 \text{ [W / (m}^2\text{.K)]}$ .

Considering that according to the RTQ-R only the environments with high occupancy are evaluated, the environments analysed in this study were the two bedrooms, the living room combined with the kitchen, and the office. The use and occupancy patterns, the internal load density for equipment and the lighting power density of the extended dwelling environments, presented in [9], were set according to the RTQ-R parameters. From the values recommended by the RTQ-R, which defines two people per dormitory and the room and the office occupied by all users at the same time, the occupation rates of the building were determined.

Analyzing the energy efficiency of the envelope of autonomous housing units (UH) and single-family buildings through the prescriptive method, equations are used according to the climatic zone, or through thermo-energetic simulation (INMETRO, 2010). The model was divided in naturally ventilated from 9:00h to 8:59 p.m. and artificially heated from 9:00 p.m. to 08:59 a.m., because according to RTQ-R, to evaluate the level of envelope performance, these two situations should be simulated and then compared with the reference values of the classification tables of the energetic efficiency levels of the envelope.

In the evaluation of the summer period, the data obtained in the simulation of the naturally ventilated building is used, where the 8,760 hours of the year are evaluated for each extended dwelling environment, in order to obtain the degree-hour indicators of temperature cooling, which has a base temperature of  $26^\circ\text{C}$  according to Equation 1.

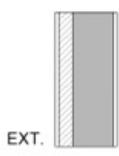
$$GH_R = \sum(T_o - 26^\circ\text{C}) \quad \text{Equation 1}$$

Where:

$GH_R$ : degree-hour indicator for cooling;

$T_o$ : hourly operative temperature ( $^\circ\text{C}$ ).

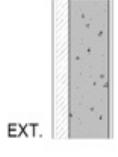
Figures [7] and [8] show the efficiency levels for each weather file used and the degree-hour limits for each level. The degree-hour indicators obtained in the equation must be equal to or smaller than the indicated values. The relative numeric equivalent of each extended residence environment was calculated for heating (EqNumEnvAmb<sub>A</sub>) and cooling (EqNumEnvAmb<sub>B</sub>). The relative consumption for heating (C<sub>A</sub>), and cooling (C<sub>B</sub>) were obtained by simulating the building with artificial conditioning. The relative consumption was equal to or less than the efficiency levels shown in Figures [8] and [9].

		EXTERNAL WALLS			Rsi= 0.13	Rse= 0.04
		Constitution	e (m)	λ (W/(mK))	R (m².K/(W))	U (W/(m²K))
EXT.		Internal plaster	0.02	1.15	0.02	0.31
		Thermal Brick Weber	0.24	0.22	1.07	
		Thermal insulation - EPS	0.08	0.04	2.00	
		External plaster	0.02	1.15	0.02	

Legend: e = thickness, λ = thermal conductivity, R = thermal resistance, U = thermal transmittance

FIGURE 3- Composition of external walls according to NBR 15220:2005.

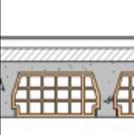
Source: Dalbem et. al. (2015, p.8).

		THERMAL BRIDGES			Rsi= 0.13	Rse= 0.04
		Constitution	e (m)	λ (W/(mK))	R (m².K/(W))	U (W/(m²K))
EXT.		Internal plaster	0.02	1.15	0.02	0.43
		Pillar/Concrete beam	0.24	1.75	0.14	
		Thermal insulation - EPS	0.08	0.04	2.00	
		External plaster	0.02	1.15	0.02	

Legend: e = thickness, λ = thermal conductivity, R = thermal resistance, U = thermal transmittance

FIGURE 4 - Composition of external walls - treatment of thermal bridges according to NBR 15220:2005.

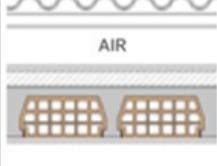
Source: Dalbem et. al. (2015, p.9).

		FLOOR			Rsi= 0.17	Rse= 0.17
		Constitution	e (m)	λ (W/(mK))	R (m²/(WK))	U (W/(m²K))
		Ceramic coating	0.01	0.90	0.01	0.40
		Mortar of settlement	0.04	1.15	0.02	
		Thermal insulation	0.08	0.04	2.00	
		Pre-molded slab	0.25	-	0.19	

Legend: e = thickness, λ = thermal conductivity, R = thermal resistance, U = thermal transmittance

FIGURE 5 -Composition of the floor slab, according to NBR 15220:2005.

Source: Dalbem et. al. (2015, p.9).

		ROOF			Rsi= 0.10	Rse= 0.04
		Constitution	e (m)	λ (W/(mK))	R (m²/(WK))	U (W/(m²K))
AIR		Internal plaster	0.02	1.15	0.02	0.41
		Pre-molded slab	0.25	-	0.19	
		Thermal insulation - EPS	0.08	0.04	2.00	
		External plaster	0.02	1.15	0.02	

Legend: e = thickness, λ = thermal conductivity, R = thermal resistance, U = thermal transmittance

FIGURE 6 - Roof Composition according to NBR 15220:2005.

Source: Dalbem et. al. (2015, p.9).

Parameters	Values Adopted			
	Bedroom 1	Bedroom 2	Living Room / Kitchen	Office
Occupancy (person / m <sup>2</sup> )	0.13	0.18	0.07	0.07
Lighting (W / m <sup>2</sup> )	5	5	6	6
Equipment (W / m <sup>2</sup> )	Off	Off	2.00	2.00
Heating setpoint (°C)	22°			
Cooling setpoint (°C)	24°			
Performance Coefficient of Air Conditioning System - COP (W/W)	Heating		Cooling	
	2.75		3.00	

FIGURE 7 - Simulation parameters adopted.

Source: adapted from RTQ-R (INMETRO, 2012).

City: Curitiba – PR ZB 1 File type: TRY										
Efficiency level	EqNum	GHR (hour-degree number)			C <sub>R</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .year) cooling consumption			C <sub>A</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .year) heating consumption		
A	5		GHR ≤	143		C <sub>R</sub> ≤	0.713		C <sub>A</sub> ≤	16.700
B	4	143	< GHR ≤	287	0.713	< C <sub>R</sub> ≤	1.426	16.700	< C <sub>A</sub> ≤	33.400
C	3	287	< GHR ≤	430	1.426	< C <sub>R</sub> ≤	2.138	33.400	< C <sub>A</sub> ≤	50.099
D	2	430	< GHR ≤	574	2.138	< C <sub>R</sub> ≤	2.851	50.099	< C <sub>A</sub> ≤	66.799
E	1	574	< GHR		2.851	< C <sub>R</sub>		66.799	< C <sub>A</sub>	

FIGURE 8 - Classification by the RTQ-R simulation method for ZB1.

Source: adapted from RTQ-R (INMETRO, 2012).

City: Manaus – AM ZB 8 File type: SWERA										
Efficiency level	EqNum	GHR (hour-degree number)			C <sub>R</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .year) cooling consumption			C <sub>A</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .year) heating consumption		
A	5		GHR ≤	14730		C <sub>R</sub> ≤	18.489		C <sub>A</sub> ≤	-
B	4	14730	< GHR ≤	19447	18.489	< C <sub>R</sub> ≤	28.608	-	< C <sub>A</sub> ≤	-
C	3	19447	< GHR ≤	24812	28.608	< C <sub>R</sub> ≤	36.922	-	< C <sub>A</sub> ≤	-
D	2	24812	< GHR ≤	29001	36.922	< C <sub>R</sub> ≤	46.070	-	< C <sub>A</sub> ≤	-
E	1	29001	< GHR		46.070	< C <sub>R</sub>		-	< C <sub>A</sub>	

FIGURE 9 - Classification table by the simulation method for ZB8.

Source: adapted from RTQ-R (INMETRO, 2012).

Figures [8] and [9] show the efficiency levels for each weather file used and the degree-hour limit for each level. The degree-hour indicators obtained in the equation must be equal to or smaller than the indicated values. In order to determine the relative numeric equivalent for heating ( $EqNumEnv_{Amb_A}$ ) and cooling ( $EqNumEnv_{Amb_B}$ ) of each extended residence environment, it was necessary to determine the relative consumption for heating ( $C_A$ ) and for cooling ( $C_R$ ) of the prolonged use environments. Both values were obtained by simulating artificially conditioned buildings. The relative consumption was also equal to or less than the efficiency levels shown in Figures [8] and [9].

The numerical equivalent of the UH (independent housing unit) envelope for cooling ( $EqNumEnv_{RestR}$ ) and heating ( $EqNumEnv_{A}$ ) are obtained by weighting the useful areas of the evaluated environments ( $AU_{amb}$ ). For climatic zone 1, the numerical equivalent of the envelope of the independent housing unit is obtained by the Equation 2.

$$\text{EqNumEnv} = 0,08 \times \text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}} + 0,92 \times \text{EqNumEnv}_A \quad \text{Equation 2}$$

Source: Inmetro (2012)

Where:

EqNumEnv: Numerical equivalent of the UH envelope;

EqNumEnv<sub>Resfr</sub>: Numerical equivalent of the UH envelope for cooling;

EqNumEnv<sub>A</sub>: Numerical equivalent of the UH envelope for heating.

For climatic zone 8, the numerical equivalent of the envelope of the autonomous housing unit is obtained by Equation 3.

$$\text{EqNumEnv} = \text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}} \quad \text{Equation 3}$$

Source: Inmetro (2012).

Where:

EqNumEnv: Numerical equivalente of the UH envelope;

EqNumEnv<sub>Resfr</sub>: Numerical equivalente of the UH envelope for cooling.

The classification of the efficiency level of the building envelope varies from A (most efficient) to E (less efficient), and is determined from the final score obtained in the EqNumEnv. Equation.

## Step 3 - Modelling the environment and analysing the shadow trace

### Modelling the environment

In order to define the occupation of the surrounding land, the general guidelines of the Pelotas Master Plan (Law No. 1672) were adopted. According to the plan, in the region established for the construction of the building, called Residential Zone 1, 4 meters of landscaping retreat, 5m lateral recoil, 3.5m backtracking and 16m wide track are planned. The surrounding buildings were defined with eight different heights, starting from the no built environment, followed by environments of 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14. Each floor has a height of 3m, and the building has 21.84m in length and depth of 13.37m. In models over eight floors, decreasing 2m to each next model, because according to the Pelotas Master Plan, in buildings over 24m high the retreat of landscaping increases 1m for each floor that exceeds the characterised height.

### Shadow Tracing

To better understand the influence of the shading of the surroundings in the building, a study of the shading was carried out for the of the Equinox, Summer and Winter Solstices. The impact of neighbouring buildings on the analysed building was observed in walls and roof, for the eight different environment scenarios. The study comprehended the following hours: 9:00h, 12:00h and 15:00h.

## Stage 4 - Simulation of the energetic thermal performance of the residence

The simulation of the model configured according to the RTQ-R, previously presented in Figure [7], indicated the energy consumed by the building, adding the values of consumption of equipment and lighting and the consumption of air conditioning system (heating + cooling) obtained in kWh/m<sup>2</sup>.year. The simulation makes possible to evaluate and compare the energy consumption of the building in the eight different surroundings possibilities, as well as to define the corresponding efficiency level. In this model the schedule was set to be naturally ventilated from 9:00h to 20:59h. and artificially conditioned from 21:00h. to 08:59h, with a heating thermostat temperature of 20°C.

The model, configured with 24-hours natural ventilation, followed by the configuration established by the RTQ-R for occupancy, internal equipment load and illumination power density. The value of 20°C, used by the RTQ-R as the setpoint air temperature for window openings in naturally ventilated buildings generated discomfort by cold, especially in the ZB1. Thus, a temperature of 25°C was defined as the setpoint for the window openings, as indicated by Martins (2009). The thermal comfort evaluation was based on the Adaptive Comfort model of the ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2010). The monthly hourly averages were calculated in Microsoft Excel® software, based on the internal and external temperature output data obtained in the simulations. With the monthly average external temperature, it was possible, through equation 4, to calculate the operative comfort temperature month by month.

$$T_{oc} = 18,9 + 0,255 \text{ Text}$$

Equation 4

Source: ASHRAE 55, 2010

Where:

$T_{oc}$  = Operative comfort temperature;

Text = External average monthly temperature.

In order to obtain the hours of thermal comfort inside environments, operative comfort temperatures of each month were used, calculated considering the comfort limit for 80% of acceptability, considering the values below the acceptability limit for cold discomfort and above of the limit for heat discomfort. With the building's thermal comfort hours, it was possible to compare the eight different heights of the surroundings, allowing us to evaluate the most suitable level of shading for the building with a high level of thermal envelope insulation in Brazilian climatic zones 1 and 8.

## Step 5 – Analysis and Discussion of Results

A comparison of the thermal-energetic performance of the highly insulated building was made for the three base configurations, with different ventilation conditions for the eight scenarios of shadowing. The efficiency level of the envelope for the summer was obtained from the model configured for ventilation conditions according to the parameters of RTQ-R. The energy consumption for heating (kWh/m<sup>2</sup>.year) defined the energy efficiency level for the winter. Both results for summer and winter defined the envelope's energy efficiency level. The energy consumption of the residence (kWh/

m<sup>2</sup>.year) through the 24 hours artificially air-conditioned model and the level of adaptive thermal comfort with 24 hours naturally ventilated were used as the comparative analysis parameters.

## Analysis of Results

### Building with ventilation settings according to RTQ-R

In order to define the envelope efficiency level of a high insulated residence, the model was configured with the parameters of RTQ-R. For climatic zone 1, it obtained classification A, and for climatic zone 8, level B, as shown in [10] and [11]. Long-stay rooms were evaluated and simulations indicated energy consumption and degree-hour indicator for cooling, having 26°C as base temperature.

In climatic zone 1 the degree-hour climatic zone with lower temperatures, something that contributes to not so high internal temperatures. In zone 8, with higher temperatures, it can be observed that the degree-hour indicator for cooling showed higher values, indicating that in all cases at some point temperature in the internal environment exceeded 26°C.

Regarding the heating consumption, in climatic zone 1, we can observe that the model with no buildings in the surroundings is the one that presented the lowest consumption. The model surrounded by the 14 floors buildings showed the highest consumption. For that colder climate, the excessive shadowing is not favourable, because with lower temperatures the lack of thermal gain by solar radiation becomes a problem, and the use of artificial climatization for internal spaces heating ends up being necessary, increasing energy consumption. We can observe in Figures [18], [19], [20] and [21] the shadow tracking in the winter and summer solstice respectively. The 14-storey environment model shows total shading of both the vertical and horizontal closures, thus decreasing the heat gains by direct solar radiation.

		METHOD OF SHADING BY BUILDINGS IN THE ENVIRONMENT RTQ-R-BZ1								
Shading of Surroundings		No surroundings	2 Floors	4 Floors	6 Floors	8 Floors	10 Floors	12 Floors	14 Floors	
Classification		Level A	Level A	Level A	Level A	Level A	Level A	Level A	Level A	
Summer Degrees-hour		Double Room	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Single Room	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Parlor/Circulation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Office	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Winter Consumption of Heating kW / h.m <sup>2</sup> .year		Double Room	4,13	4,13	4,24	4,21	4,28	4,61	5,10	5,08
		Single Room	2,19	2,20	2,31	2,33	2,40	2,77	3,00	3,02
		Parlor/Circulation	5,88	5,90	6,03	6,09	6,24	6,62	6,88	6,99
		Office	20,34	20,32	20,62	20,57	20,72	21,11	21,77	21,89

FIGURE 10 - Classification of the efficiency level of the building considering the RTQ-R in Brazilian climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

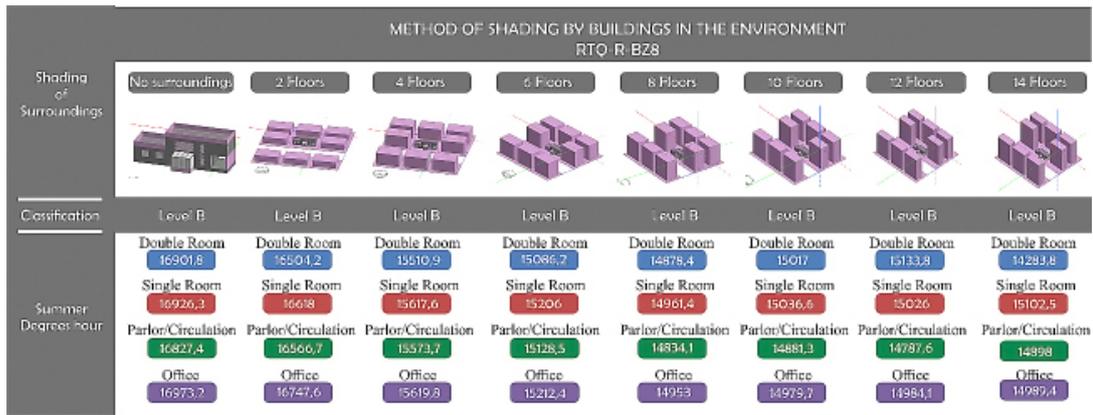


FIGURE 11 -Classification of the efficiency level of the building considering the RTQ-R in Brazilian climatic zone 8, 2017.

Source: Authors, 2017

24-hour artificially conditioned building

Figures [12] and [13] present the values of building's energy consumption for the eight shading scenarios. As we can see, in climatic zone 1 the model with the 14 floors surroundings presented the highest energy consumption, of 44.80 kWh / m<sup>2</sup>.year; and the environment with 6 floors the lowest, 40.04 kWh/m<sup>2</sup>.year, with a difference of 10.63% between them. From these results we observe that for this zone the excessive shading is detrimental to the good functioning of the high insulated building.

As for the model with the 14 floors surroundings, presents almost full shade coverage at all times of the winter and summer solstices, except for noon on the summer solstice, since it does not allow thermal gains by direct solar radiation, thus increasing the energy expenditure for heating. In zone 8, the environment with 14 floors, which generates greater shading on the building, was more efficient. It presented an energy consumption of 97.84 kWh / m<sup>2</sup>.year, 6.70% smaller than the no buildings surroundings, which presented a consumption of 104.87 kWh / m<sup>2</sup>.year. That consumption was exclusively for cooling since climatic zone 8 has high air temperatures and humidity. For that climate, the total shading of the building (walls and roof), would decrease the discomfort by warmth indoors. The lack of direct solar radiation, thus, contributes but is not enough to eliminate that discomfort by warmth, indoors, in naturally ventilated buildings (including the insulated one).

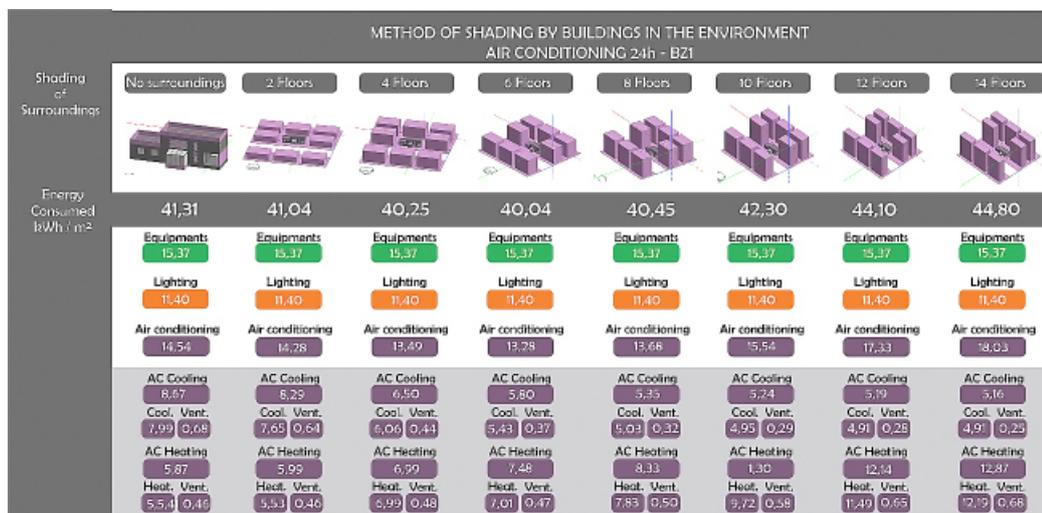


FIGURE 12 - Classification of the level of energy consumption with the use of 24-hour air conditioning in climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

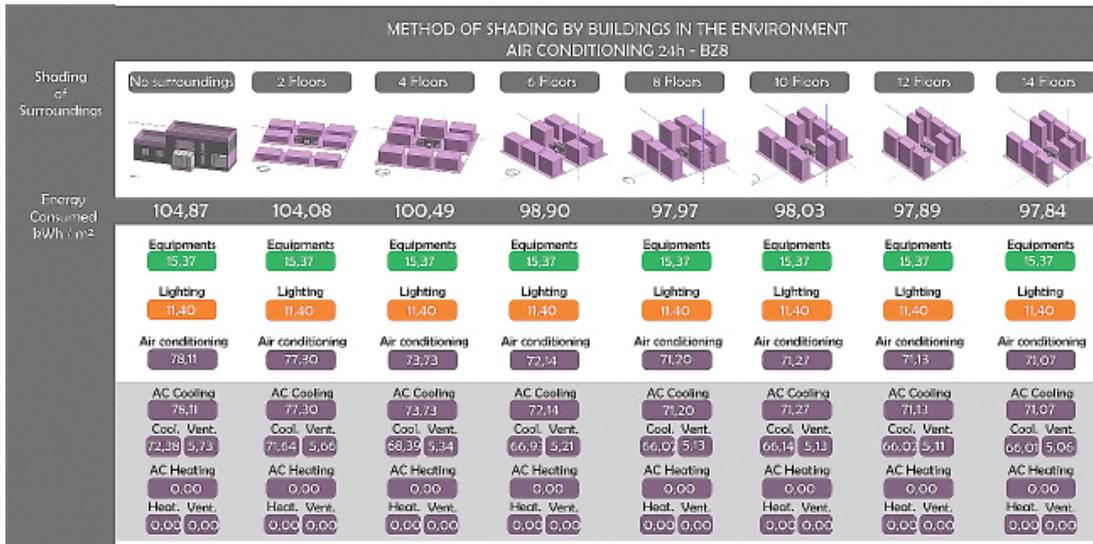


FIGURE 13 - Classification of the level of energy consumption with the use of 24-hour air conditioning in climatic zone 8, 2017.

Source: Authors, 2017

24 hours naturally ventilated building

In Figures [14] and [15], energy consumption values of the building are presented for the eight shading scenarios. As we can see, in climatic zone 1 the model with the 14 floors surroundings presented the highest energy consumption, of 44.80 kWh / m<sup>2</sup>.year; and the environment with 6 floors the lowest, 40.04 kWh/m<sup>2</sup>.year, with a difference of 10.63% between them. From these results we observe that for this zone the excessive shading is detrimental to the good functioning of the high insulated building. As for the model with the 14 floors surroundings, as shown in Figures [18], [19], [20] e [21], presents almost full shade coverage at all times of the winter and summer solstices, with the exception of noon on the summer solstice, since it does not allow thermal gains by direct solar radiation, thus increasing the energy expenditure for heating. In zone 8, the environment with 14 floors, which generates greater shading on the building, was more efficient because it presented an energy consumption of 97.84 kWh / m<sup>2</sup>.year, 6.70% smaller than the no buildings surroundings, which presented consumption of 104.87 kWh / m<sup>2</sup>.year, this consumption being exclusively for cooling, due to the fact that climatic zone 8 has high temperatures, with which, even with the total shading of the building, walls and cover, performance is not hampered by the lack of direct radiation and its interior remains warm.

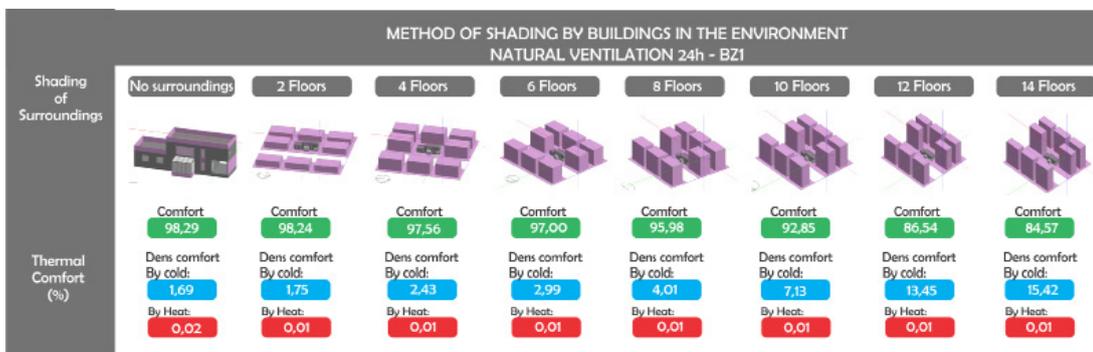


FIGURE 14 - Thermal comfort infographic in climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

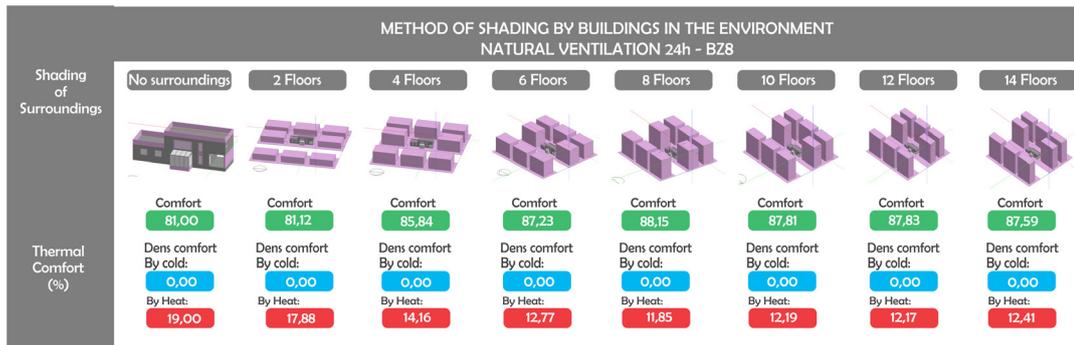


FIGURE 15 - Thermal comfort infographic in climatic zone 8, 2017.

Source: Authors, 2017

In the 24 hours a day naturally ventilated building, we can see in [14] that for climatic zone 1 the model with no environment was more efficient, with 98.29% of thermal comfort, and the one with 14 floors buildings the less efficient, with 84.57%. It presents only 0.01% of heat discomfort, because it is an area with milder temperatures and the excessive shading of the roof compromises the building's performance, since it reduces heat gains by direct radiation. In climatic zone 8, which presents higher temperatures, shading becomes desirable, since it improves the building's performance, as shown in [15]. The model without environment presented the lowest thermal comfort index, with 81%, and the model with the 8 floors environment the largest, with 88.15%, not presenting cold discomfort. As we can see in Figures [18], [19], [20] and [21] of the shade tracking, the model with an environment of 8 pavements is the configuration that shows greater shading at 9:00h and 15:00h, both in the autumn and spring equinoxes, and in the winter and summer solstices.

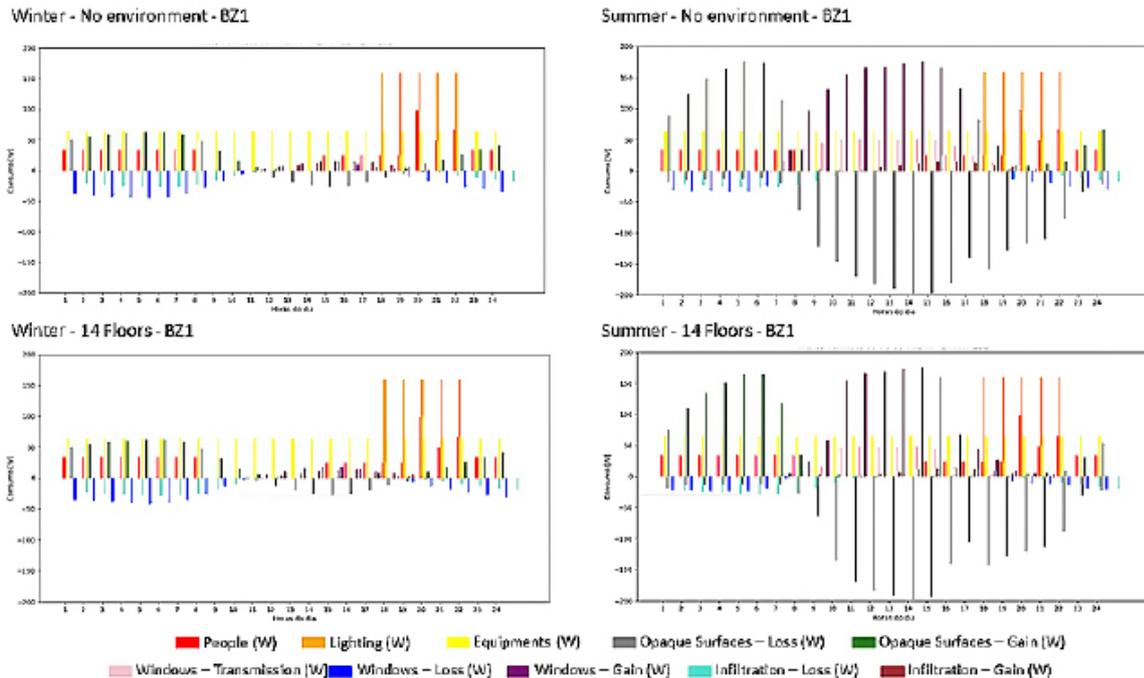


FIGURE 16 - Thermal Flow for the 24 hours naturally ventilated building - Brazilian Climatic Zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

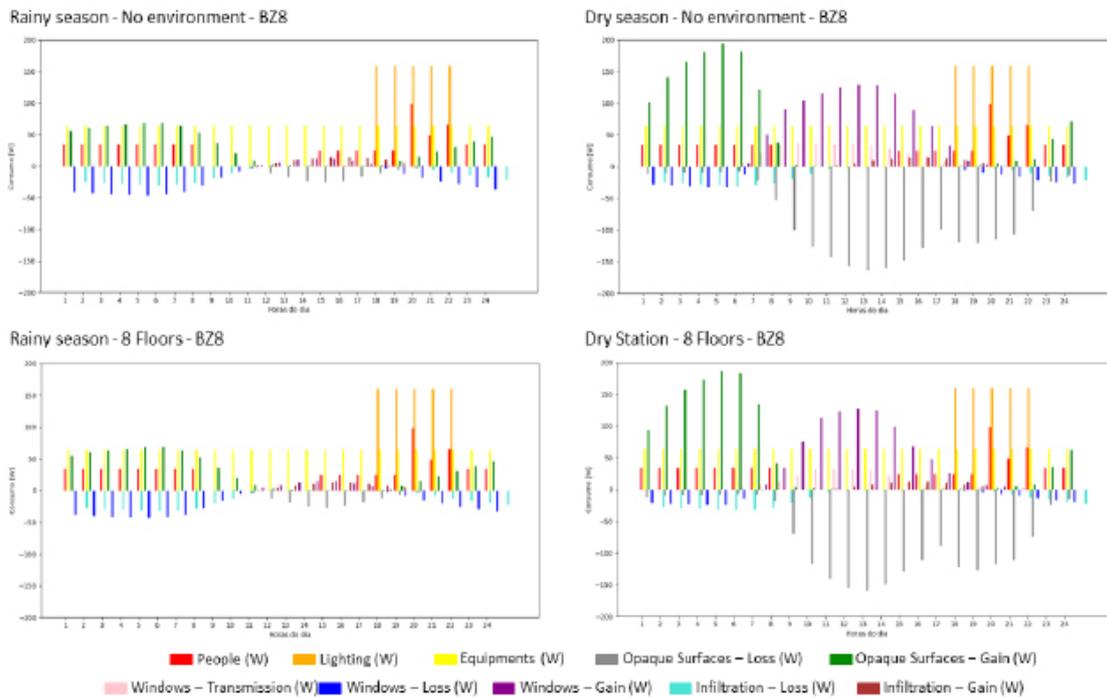


FIGURE 17 - Thermal Flow for the 24 hours naturally ventilated building - Brazilian Climatic Zone 8, 2017.

Source: Authors, 2017

The thermal fluxes, presented in Figures [16] and [17], explain more clearly the results obtained in the simulations of the 24 hours naturally ventilated model. In climatic zone 1, the model with no environment, more efficient, presented a thermal comfort percentage 13.96% higher than the environment with 14 floors, less efficient. It can be noticed that winter heat gains are very close in both models, but in summer, the window heat gains occur for a longer period in the model without surroundings. Since it is a zone with cooler climates, in order to avoid a great level of cold discomfort, the heat gains are favorable for good performance of the building. As for climatic zone 8, where the climate has higher temperatures, shading becomes favorable to the good performance of the building. In this area, the model with an 8-floor environment presented a thermal comfort percentage 8.11% greater than the model without surroundings. As in climatic zone 1, for the winter the heat gains are very close, but in the summer, the heat gains by windows and opaque surfaces in the model without surroundings are greater than those of the model with 8 floors.

### Shadow tracing

From the study of shadow tracking, it was possible to observe the shadows generated by each environment in the residence, allowing a better understanding of the results, as shown in [18] and [19] for climatic zone 1, and [20] and [21], for climatic zone 8.

In climatic zone 1, we observe that in autumn and spring at 9:00 am the construction with an environment of 2, 4, 6, 8, 10 and 12 floors is shaded on the façades and a small part of the roof, with direct solar radiation in the cover. In the model with not surroundings and with 14 floors, the building presents only its own shading in the facades west and south. At noon the building has its own shade on the South façade, not receiving shading from the surrounding buildings. At 15:00h, in the models with no surroundings, with 2, 4, 12 and 14 floors, the building has only its own shading in part of the roof and in the East and South façades; and in models with 6, 8 and 10 floors it also receives the shading of surrounding buildings on the West façade and

part of the roof. In winter, at 9:00 p.m., in the model with no surroundings and in the environment of 2 floors, the residence does not have influence from the environment regarding shading. At 12:00 noon, in the model with no surroundings and in the one with surroundings of 2, 4 and 6 floors, the building had its own shading in the South façade. In the model with 8 floors, there was the building's own shading in the South façade and shading of the surroundings in the North one, while in models with 10, 12 and 14 floors, the residence showed its own and the surroundings shading in its façades and in the roof. At 15:00h, the building had almost total shading in the models with surroundings of 10, 12 and 14 floors, partial with surroundings of 6 and 8 floors and only its own shade in South and East façades in the models with no surroundings, 2 and 4 floors. Regarding the summer, the building presented, at 9:00h, total shading of the roof with 10, 12 and 14 floors, partial with 4, 6 and 8 and only its own shading, in North and West façades, in the model with no surroundings and with 2 floors. At noon, the building is totally exposed to direct radiation in all models, because it receives no shadow of the surroundings or even the building itself. At 15:00h, the building received almost total shading in the roof with the surroundings of 12 and 14 floors, partial in the models with 4, 8, 6 and 10 floors and only its own shading, in the East façade, with no surroundings and with 2 floors.

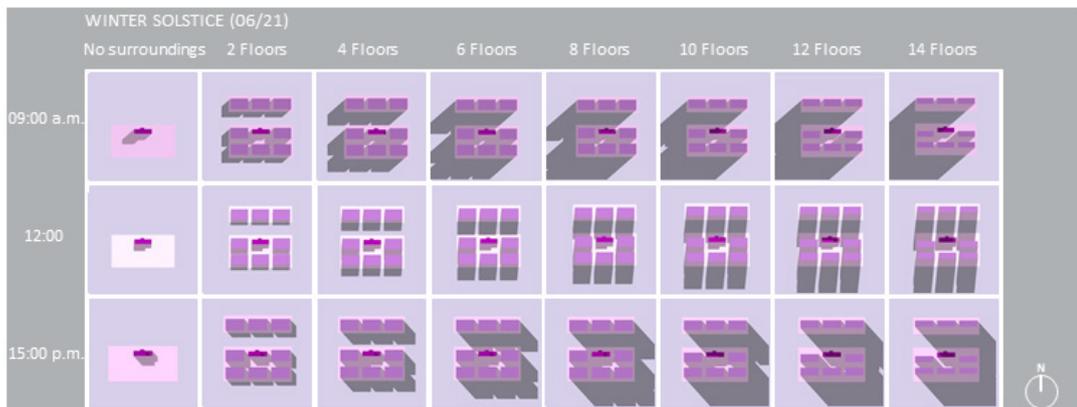


FIGURE 18- Solar tracking in the winter solstice - Climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

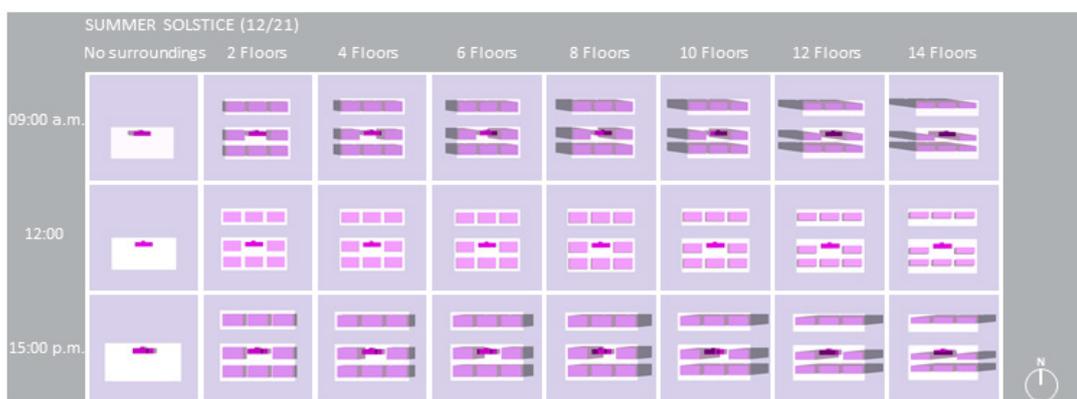


FIGURE 19 - Solar tracking in the summer solstice - Climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017

For climatic zone 8, the results were slightly different from those obtained in climatic zone 1. In autumn and spring, at 9:00h, in the models with no surroundings and the ones with two floors, the building received direct radiation throughout its coverage, presenting shading only in the West façade. As for the models with 4, 6, 8, 10 and 12

floors, the building was partially shaded on the roof, and the surroundings shaded the model with 14 floors on the South façade and in a small part of the roof.

At 12:00h, the building receives direct solar radiation in its entire envelope, because it does not present shading from itself or surroundings. At 15:00h, the study of shadow tracking was similar to that of 9:00h, except that the building itself shaded the East façade. In winter, it was observed that at 9:00h, in the models with no surroundings and with surroundings of 2, 12 and 14 floors, the building has only its shading, in the South and West façades. In models with 4, 6, 8 and 10 floors, the building had its façades and roof partly shaded by the surroundings.

The same behaviour could be observed at 15:00h, however, in this case, in the 4-storey model the building had only the facades shaded, leaving the cover exposed. At noon the building has its own shade on the South façade, leaving the roof wholly exposed to direct solar radiation. In summer, shade tracking at 9:00h presents, in models with no surroundings and the ones with 2 floors, the building's own shading in the North and West façades, partial shading of the cover in the models with surroundings of 4, 6, 8, 10 and 12, and total shading of the cover in the 14-floor model.

At 12:00h in the models without surroundings and with 2, 4, 6, 8 and 10 floors, the building has its shading in the north façade and the 12 and 14 floors. Besides the building's shading, the surroundings generated shade on the South façade, thus getting the roof fully exposed to direct solar radiation. At 15:00h, results resembled those from 9:00h, although the 4-floors environment generates shade only on the West façade of the building, and not on the roof.

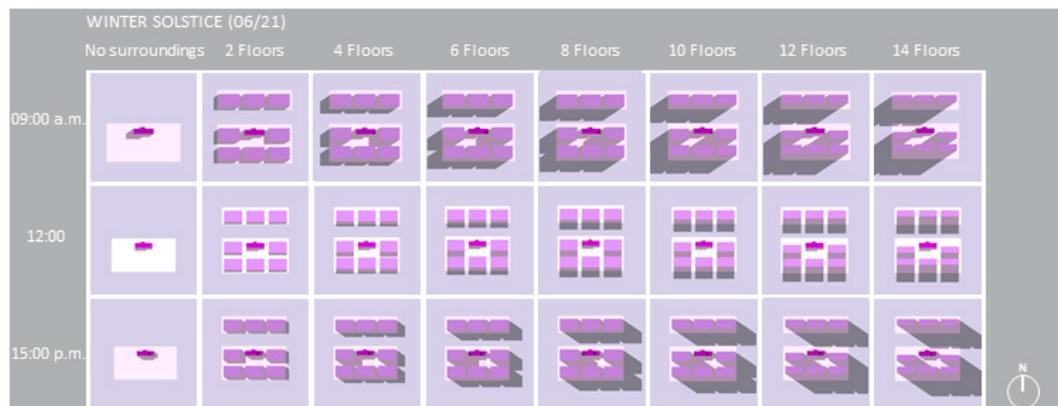


FIGURE 20- Solar tracking in the winter solstice - Climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017.



FIGURE 21 - Solar tracking in the winter solstice - Climatic zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017.

A summary of results is shown in Figure [22] for climatic zone 1 and in Figure [23] for climatic zone 8. We observed that in climatic zone 1, the model with 6-floor environment presented the lowest consumption and the higher thermal comfort index. That result is explained because, as previously mentioned, in this case, the temperatures are milder, so excessive shadowing may impair the performance of the building. In climatic zone 8, the model with 14 floors environment presented the lowest consumption and the 8 floors environment the highest thermal comfort index. That is explained by temperatures in this zone being higher, so a higher amount of shading may favour the performance of a super-insulated building.

	Less densified	More efficient			More densified
Shaded areas	Environment of 2 floors	RTQ-R - No Environment	ARTIFICIALLY VENTILATED 24 HOURS - Surroundings of 6 Floors	NATURALLY VENTILATED 24 HOURS - Without Surroundings	Surrounding of 14 floors
Shaded windows	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Shaded walls	No	No	Yes	No	Yes
Shaded roof	No	No	No	No	Yes
Air Conditioning Consumption	14.28 kWh/year	-	13.28 kWh/year	-	18.03 kWh/year
Thermal comfort level	98.24%	-	-	98.29%	84.57%

FIGURE 22 - Summary of shading of residential building - Climatic Zone 1, 2017.

Source: Authors, 2017.

	Less densified	More efficient			More densified
Shaded areas	Environment of 2 floors	RTQ-R - No Environment	ARTIFICIALLY VENTILATED 24 HOURS - Surroundings of 6 Floors	Environment of 2 floors	RTQ-R - No Environment
Shaded windows	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Shaded walls	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Shaded roof	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Air Conditioning Consumption	77.30 kWh/year	-	71.07 kWh/year	-	71.07 kWh/year
Thermal comfort level	81.12%	-	-	88.15%	87.59%

FIGURE 23 - Summary of shading of residential building - Climatic Zone 8, 2017.

Source: Authors, 2017.

## Conclusions

The ideal levels of shadowing, thus, varied. For the warmer climate (ZBB8), the best performance was obtained with the higher level of shadowing (applied to the external walls and roof), confirming the climate-responsive design strategy fairly indicated to that ZBB. Conversely, for the colder climate (ZBB1), the best performance was achieved with a lower level of shadowing, including only the external walls. Results confirmed the relationship between the amount of shading indicated to improve the thermal-energetic performance of a building and the climate where it is built. A shaded building with a high level of thermal insulation adapts more easily to warmer climates. The high thermal insulation of the opaque envelope elements reduces the heat flow. In warmer climates, the high temperature of the environment added to the direct solar gain, overheats the interior of the building, making it necessary to use artificial conditioning to seek the user's thermal comfort.

Conversely, in colder climates (Brazilian climatic zone 1), the model with the best thermal-energetic performance was the one with no surroundings, for the ventilation conditions according to the RTQ-R and 24 hours naturally ventilated; and with surroundings of 6 floors, for the 24 hours artificially ventilated model. The sunlight protection system blocks direct solar radiation inside the building during the summer period. In the winter period, total shading of the vertical and horizontal plane decreases the envelope thermal-energetic performance, thus impacting the generated heat quantity by direct solar radiation inside the building. In this zone, direct solar radiation is necessary, not only in the horizontal plane but also in the vertical one, because the thermal gains provided by the internal gains coming from the lighting system, the occupation and the equipment, are not sufficient to maintain the temperature in comfort conditions. In the models with greater densification of the surroundings, the building presents a greater discomfort by cold, indoors. As for climatic zone 8, the model in which the building presented the best thermal-energetic performance was the one with the 14 floors environment, for the ventilation conditions according to the RTQ-R and 24 hours artificially ventilated, 8 floors, for the 24-hours naturally ventilated one.

We observed that even with the solar protection system blocking the direct solar radiation inside the building in the summer, the total or partial shading of the vertical and horizontal planes is necessary to guarantee the good thermal-energetic performance of the envelope. The thermal gains from the lighting system, the occupancy and the equipment, are enough to overheat the interior of the building. Therefore, in this warmer climatic zone, the configurations that present greater densification of the environment are more efficient than the less densified ones. The issues addressed in this article, which discuss the shading of the vertical and horizontal planes of buildings with a high level of thermal insulation, fill a gap in the context of thermal energy performance of residential buildings, exemplifying its relation with the urban configuration of specific regions in Brazil.

Although the occupants might influence results, that contribution was analysed through a standardised profile, defined by RTQ-R. A parametrical study on the influence of user's behaviour on results would represent interesting follow-up research.

## Referências

ABNT – BRAZILIAN NATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **Standard NBR 15.220: Brazilian Standard for Thermal Performance of Buildings**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – BRAZILIAN NATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **Standard NBR 15.575: Residential Buildings – Performance**. Rio de Janeiro, 2013.

ANSI/ASHRAE – AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE / AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2010.

DALBEM, Renata; FREITAS, J.R.; AUTOR. **Conceito Passivhaus Aplicado ao Clima Brasileiro. [Passivhaus Concept applied to Brazilian Climate]**. Revista de Arquitetura IMED [IMED Architecture Magazine], Passo Fundo, v. 4, p. 26-36, 2015.

DALBEM, Renata, et al. **Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. [Discussion on the performance of a passive house envelope when adapted to climatic zone 2 according to RTQ-R]**. Ambiente Construído [Built Environment], v.17, no.1, p.201-222, Mar 2017.

DUARTE, Luciane Cleonice; NOGUEIRA, Marta Cristina de J. A. **Sombreamento arbóreo e desempenho termoenergético de edificações. [Tree Shading and thermoenergetic performance in buildings]** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído [National Meeting of Technology of Built Environments]. Annals. Juiz de Fora, ENTAC, 2012.

EPBD (2010). **Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings**. Official Journal, European Union Legislation, v. 53, n.153, p. 13-35, 2010.

INMETRO – NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY STANDARDIZATION AND INDUSTRIAL QUALITY. **RTQ-C. Technical Requirements for Quality of Energy Efficiency Levels in Commercial, Services and Public Buildings**. INMETRO, Rio de Janeiro, 2013.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **RTQ-R. Technical Requirements for Quality of Energy Efficiency Levels in Residential Buildings**. INMETRO, Rio de Janeiro, 2012.

LITTLEFAIR, Paul; ORTIZ, Jose; BHAUMIK, Claire Das. **A simulation of solar shading control on UK office energy use**. *Building Research & Information*, v. 38, n. 6, p. 638-646, 2010.

MARTINS, D. J.; RAU, S. L.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A. P.; SILVA, A. C. S. B. **Ensaio sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. [Essay on the Use of Automation of Openings for Simulating Thermal Performance of Buildings]** In: Encontro Nacional de Conforto no ambiente Construído [National Meeting of Comfort of the Built Environment], 10. Annals Natal, ENTAC, 2009.

MASCARÓ, Lúcia; MASCARÓ, Juan José. **Ambiência Urbana [Urban Ambience]**. Porto Alegre: Masquatro, 2009.

OLBINA, Svetlana; BELIVEAU, Yvan. **Developing a transparent shading device as a daylighting system**. *Building Research & Information*, v. 37, n. 2, p. 148-163, 2009.

PACHECO, Miguel. **Ventilação Natural e Climatização Artificial: Crítica ao modelo Super-isolado para residência de energia zero em Belém e Curitiba [Natural Ventilation and Artificial Climatization: Critique of the Super-Isolation Model for Zero-**

**-Energy Houses in Belém and Curitiba].** Thesis (Doctorate in Civil Engineering). Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PASSIVE-ON PROJECT. **A norma Passivhaus diretrizes de projecto para casas confortáveis de baixo consumo energético, Parte I. Revisão de casas confortáveis de baixo consumo energético [The Passivhaus project guidelines for comfortable low energy consumption houses Part 1. Review on comfortable low energy consumption houses].** Lisboa: INETI, 2007.

PEREIRA, Silvia Ruzicki ; DUARTE, Carolina de Mesquita ; CUNHA, Eduardo G. da ; KREBS, Lisandra Fachinello ; EITZKE, R. K. ; SILVA, Antônio César Baptista da ; BENINCA, L. **EFEITOS DO SOMBREAMENTO NO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÃO ISOLADA NO SUL DO BRASIL [EFFECTS OF SHADING IN THERMOENERGETIC PERFORMANCE OF AN ISOLATED BUILDING IN SOUTHERN BRAZIL].** PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção [Research on Architecture and Construction], v. 7, p. 145-159, 2016.

POUEY, Juliana Al-Alam. **Projeto de edificação residencial unifamiliar para a zona bioclimática 2 com avaliação termo energética por simulação computacional. [Project of residential single family building for climatic zone 2 with thermoenergetic assessment through computer simulation].** Master Thesis (Master in Architecture), Post-Graduation Program in Architecture, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2011.

PELOTAS CITY HALL, Law 1672, Pelotas Master Plan. 2008.

ROMERO, Marta. **Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília [Correlation between urban microclimate and the configuration of residential space in Brasília].** Fórum Patrimônio. v. 4, n.1, 2011.

SALAZAR, Jorge Hernán. **Sunlighting evaluation in buildings: Shading device evaluation method with qualitative comparisons between various shading alternatives allows quick and accurate choice of most suitable solution with cost benefits.** Building research and information, v. 23, n. 3, p. 182-187, 1995.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 05/04/20187 APROVAÇÃO: 23/07/2018**

#### **RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS**

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

ANA LAURA EVANGELISTA E MARIA CRISTINA DA SILVA SCHICCHI

## Estrada de Ferro Funilense (SP): Retraçando a memória do território

*Funilense Railway (São Paulo): Retracing the memory of the territory*

**Ana Laura Evangelista**

Mestra em Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2018). Historiadora graduada pela Universidade Estadual de Campinas (2011). Tem experiência como pesquisadora em História e em Urbanismo, com foco em Patrimônio Cultural.

*Master in Urban Planning at the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning at the Pontifical Catholic University of Campinas (2018). Historian undergraduated at the University of Campinas (2011). Has experience as researcher in History and Urban Planning, focused on Cultural Heritage.*

**[aninha.laura.e@gmail.com](mailto:aninha.laura.e@gmail.com)**

**Maria Cristina da Silva Schicchi**

Professora titular e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Arquiteta e urbanista, doutora pela Universidade de São Paulo (2002), com pós-doutorado junto ao Programa Oficial de Pós-graduação de la Universidad de Sevilla (jan/jul 2010). Pesquisadora da FAPESP. Bolsista de produtividade em pesquisa CNPq Nível 2, desde 2015. Diretora do grupo de pesquisa Patrimônio, Políticas de Preservação e Gestão Territorial. Editora Chefe da Revista OCULUM ENSAIOS - PUC-Campinas.

*Professor and researcher of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning and the Faculty of Architecture and Urban design of the Pontifical Catholic University of Campinas. Architect and Urban Planner, PhD from the University of São Paulo (2002), postdoctoral fellowship with the Official Postgraduate Program of the University of Seville (jan / jul 2010). Researcher at FAPESP. CNPq Level 2 Research Producer, since 2015. Director of the Heritage, Preservation Policies and Territorial Management research group. Chief Editor of OCULUM ENSAIOS - PUC-Campinas Magazine.*

**[cristina.schicchi@puc-campinas.edu.br](mailto:cristina.schicchi@puc-campinas.edu.br)**

### Resumo

A Estrada de Ferro Funilense consiste em um trecho de ferrovia implantada em Campinas-SP, na virada do século XIX para o XX, para o escoamento da produção agrícola da região do Funil – atual município de Cosmópolis – e transporte de colonos e maquinário. Posteriormente, prolongada até Conchal, o caminho consolidado por seus trilhos induziu o surgimento de uma rede de cidades que hoje constitui um dos eixos de expansão da Região Metropolitana de Campinas, formado pelos municípios de Campinas, Paulínia, Cosmópolis, Artur Nogueira, Engenheiro Coelho e também Conchal, que fica além da fronteira metropolitana. Desativada na década de 1960, a retirada dos trilhos e a demolição de parte das edificações fizeram com que a ferrovia quase desaparecesse da paisagem que ajudou a formar. A situação atual dos remanescentes materiais das atividades da ferrovia permite indagações quanto aos usos e à preservação desses bens enquanto um patrimônio industrial ferroviário. No entanto, para o estudo e apreensão desses remanescentes foi necessário retrazar o caminho percorrido pelos trens da Funilense, reencontrando no território essa cultura material, buscando recuperar a percepção da continuidade histórica e territorial da ferrovia. O objetivo central deste artigo é apresentar esse retraçado, o processo de reconstituição cartográfica e a metodologia adotada, assim como as questões relacionadas à preservação do patrimônio cultural suscitadas por esse procedimento. Conclui-se que a abordagem territorial, na escala metropolitana, auxilia na compreensão da ferrovia como um vetor explicativo histórico dos processos de urbanização, de construção da paisagem e possivelmente como vetor de valorização patrimonial.

**Palavras-chave:** RMC. Memória. Patrimônio Ferroviário. Gestão Patrimonial. Estrada de Ferro Funilense.

### Abstract

*Funilense railway operated in Campinas (state of São Paulo, Brazil), between the 19th and the 20th centuries, transporting produce, settlers and machines between Funil's region (city of Cosmópolis) and Campinas. Afterward, the railway was prolonged up to the city of Conchal, which induced the territorial formation of a Metropolitan Region of Campinas' sector: Campinas, Paulínia, Cosmópolis, Artur Nogueira e Engenheiro Coelho, besides Conchal. Its services were put into a halt in the 1960's, when both the rails and some buildings were demolished. The railway became almost invisible on the landscape, and the present state of the remainings of the railway activities allows researches on the uses and preservation of them, as a railway heritage. However, in order to understand and research these remains, it was necessary to redraw the railroad system. In this context, the main goal of this paper is to present the redrawn version of this railroad system, along with the methodology adopted during the cartographic reconstruction and the questions regarding this heritage's preservation that were raised. This study concludes that the territorial approach in the metropolitan scale benefits the understanding of the railroad as a way to explaining urbanization processes and landscape construction, as well as a heritage appreciation.*

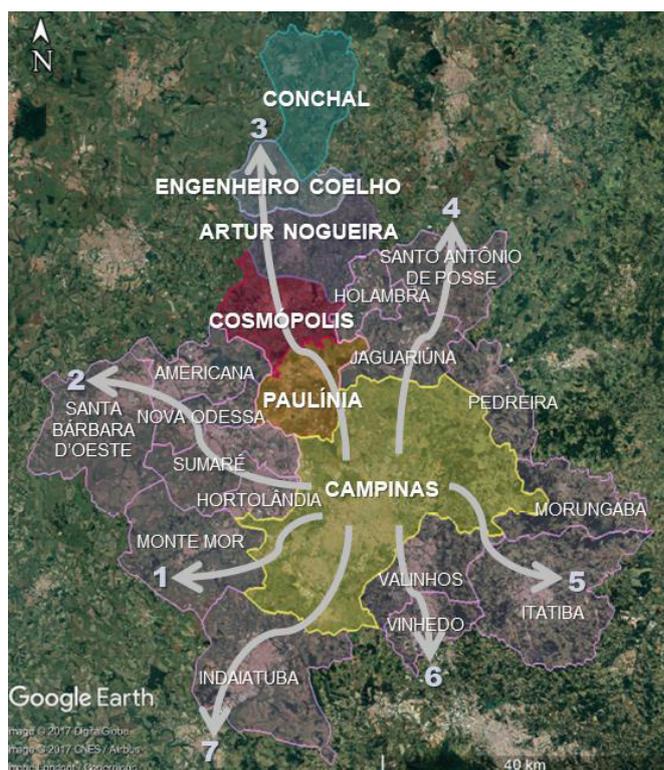
**Keywords:** MRC. Memory. Railway Heritage. Heritage Management. Funilense Railway.

## Introdução

A Estrada de Ferro Funilense foi criada a partir da iniciativa de grandes proprietários de terras paulistas, no fim do século XIX e início do XX, para escoar produtos agroindustriais e transportar colonos e novas tecnologias, interligando Conchal e o Funil<sup>1</sup> (Cosmópolis) a um grande centro urbano, Campinas. Possuiu cerca de 94 km de linha tronco e tornou-se vetor na formação de uma rede de cidades – Campinas, Paulínia, Cosmópolis, Artur Nogueira, Engenheiro Coelho e Conchal –, que se constitui como um dos eixos de expansão da Região Metropolitana de Campinas (RMC) [1].

**FIGURA 1 - Região Metropolitana de Campinas, com Conchal e eixos de expansão metropolitana.**

Fonte: Elaborado por Ana Laura Evangelista, a partir de Caiado e Pires (2006) e IBGE, 2017.



Nas últimas décadas, as políticas de desenvolvimento adotadas no interior do estado resultaram em um grande crescimento econômico e em profundas transformações urbanas na RMC. Houve mudanças na distribuição da população e na localização das atividades econômicas, com grandes empresas e indústrias, nacionais e internacionais, instalando-se principalmente nas cidades médias, mas impactando também nas cidades pequenas, o que alterou o papel dos municípios na dinâmica metropolitana, assim como o próprio papel da metrópole<sup>2</sup> (CAIADO & PIRES, 2006; SCHICCHI, 2015).

De acordo com Caiado & Pires (2006) e Schicchi (2015), as principais mudanças que podem ser observadas na RMC são: a intensificação nas relações entre os setores agrícola (com modernização das atividades), industrial e de serviços; rápida expansão urbana; intensa migração, principalmente entre as décadas de 1960-90; intensificação das trocas intrametropolitanas e configuração de novos espaços de migração; mudanças morfológicas causadas pelo predomínio dos veículos, com conurbações urbanas ao longo dos eixos rodoviários; investimentos em transporte, comunicação, ciência e

<sup>1</sup> É possível que a região tenha recebido esse nome por fazer parte de seu território uma queda d'água em forma de funil no rio Jaguari, ou então pela presença de um antigo alambique (em forma de funil) que fornecia aguardente aos tropeiros.

<sup>2</sup> "Além das funções de comando atribuídas no período anterior, [a metrópole tornou-se] um centro global de poder político e um polo de irradiação de conhecimento e cultura, a serviço do capital globalizado" (CAIADO & PIRES, 2006, p.276-7).

tecnologia; movimentos pendulares (deslocamento diário entre cidades, ao longo das rodovias); aumento da complexidade dos centros urbanos, com processos de periferização, novos extremos de pobreza-riqueza, diminuição da força dos centros tradicionais e criação de sistemas urbanos polinucleados; implantação de condomínios e shoppings ao longo das rodovias; valorização da terra e esgotamento de recursos naturais; desaparecimento do antigo modo de vida rural; regionalização de atividades.

As ferrovias paulistas foram implantadas, em sua maioria, à beira do cafezal e se expandiram de acordo com as necessidades de deslocamento do café e conveniência dos fazendeiros (Matos, 1990). O surgimento da Funilense permeou a relação entre os processos de implantação da malha ferroviária no estado, de colonização do interior a partir da mão-de-obra europeia e assalariada, de expansão da cultura cafeeira ao oeste e de consolidação da industrialização. Foi essencial para o processo de ocupação das regiões de Cosmópolis e Conchal (MARCONDES, 2001; EVANGELISTA & SCHICCHI, 2017; SCHICCHI et al., 2017).

A história da Funilense acompanha a história de Campinas e sua consolidação como centralidade regional, a partir do entroncamento de caminhos que ali se constituiu (primeiro com as rotas de tropeiros, depois com as ferrovias e por último com grandes rodovias e um aeroporto internacional), mas também pelo seu papel na economia, na cultura e na política estaduais e nacionais. A partir dos anos 1950, quando começa a se consolidar o sistema rodoviário, Campinas iniciou um processo de metropolização. Porém, a Região Metropolitana somente foi criada em 2000<sup>3</sup>, quando Campinas já contava com uma ampla rede de estradas de rodagem, um aeroporto internacional, universidades e centros de pesquisa, configurando a região como um dos principais centros nacionais nos setores industriais de informática e telecomunicações (COSTA, 2010).

Os discursos de modernidade e progresso guiaram a trajetória da Funilense desde a fundação da Companhia Carril Agrícola Funilense, em 1890, e até mesmo depois da desativação da ferrovia, em 1960, após ter sido estatizada e incorporada pela Estrada de Ferro Sorocabana (quando passou a ser denominada de Ramal Pádua Salles). Com os trilhos retirados e as edificações demolidas ou descaracterizadas por reúsos diversos, a Funilense tornou-se quase invisível dentro da paisagem que ajudou a formar e, embora tenha se tornado um dos elementos presentes no imaginário fundacional dessas cidades, praticamente caiu no esquecimento. Os remanescentes materiais das atividades da ferrovia [4] encontram-se dispersos<sup>4</sup> por um vasto território, inseridos em uma região metropolitana em constante transformação (EVANGELISTA & SCHICCHI, 2017).

As dialéticas entre a ausência e a presença, entre o visível e o invisível, entre o lembrar e o esquecer, entre a prática e a representação, que são bem marcantes na história da Funilense, ajudaram a delinear o recorte e o objeto da pesquisa. Partindo do pressuposto de que a ferrovia induziu a formação de uma paisagem composta de vários municípios e influenciou a escrita de suas histórias, buscou-se pensar em formas de preservação e reúsos dos remanescentes materiais desse patrimônio cultural.

Este artigo tem por objetivo central apresentar o processo de reconstituição do traçado da Estrada de Ferro Funilense, importante para a apreensão dos remanescentes materiais da ferrovia. Em um primeiro momento, será apresentada a metodologia utilizada para o retraçado da linha férrea. A seguir, será feita uma breve análise da situa-

<sup>3</sup> Lei Complementar Estadual nº 870/2000 (DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO, 2000). Composta por 20 municípios: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo; Morungaba foi inserida na RMC em 2014.

<sup>4</sup> Patrimônios dispersos são, em geral, referências culturais derivadas de atividades que se disseminaram pelo território e que se relacionam a vários municípios simultaneamente. Possuem valores diversos, não se enquadram em uma única categoria (ferroviário, industrial, vernacular, arqueológico, etc.) e são reconhecidos apenas localmente, sendo, por isso, elementos passíveis de uma abordagem etnográfica (SCHICCHI, 2015).

ção atual dos remanescentes, onde se buscou recuperar a percepção da continuidade histórica e territorial da ferrovia, essencial para evidenciar esses bens e potencializar sua preservação. Por último, são analisadas algumas questões quanto aos usos e à preservação desse patrimônio ferroviário.

## Retraçando o caminho da Funilense

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 (Artigos nº 215 e 216), além de ter transformado o acesso à cultura em um direito, afirmou a importância da partilha da responsabilidade da preservação entre o poder público e a sociedade, tendo o primeiro o papel de instância reguladora e parceiro de grupos e comunidades que, através do patrimônio cultural, podem exercer seus direitos à produção, valorização e preservação de suas culturas. Desde então, novos instrumentos de salvaguarda acabaram se consolidando, como os Inventários (para as referências culturais), os Registros (para os bens de natureza imaterial) e as Chancelas (para as paisagens culturais e geoparques), mantendo-se ainda a prática do Tombamento (para os bens de natureza material).

Hoje, compreende-se o patrimônio cultural como um fato social, um fenômeno baseado na relação que se estabelece entre as pessoas e os bens culturais (produtos e processos culturais), aos quais são atribuídos valores e significados a partir de construções coletivas realizadas nas práticas sociais cotidianas (MENESES, 2012). O conceito de patrimônio cultural, enquanto categoria do pensamento humano (GONÇALVES, 2009), serve de suporte às ações de preservação realizadas nas diversas escalas de gestão urbana (municipal, estadual, federal, internacional). Preservam-se os bens culturais cujas materialidades são mobilizadas para se agir em sociedade, aos quais são atribuídos diversos valores, convertendo-se em testemunhos privilegiados de uma ou mais culturas, e integrando uma herança cultural que se deseja legar às atuais e futuras gerações (FONSECA, 2007).

A existência do patrimônio depende do equilíbrio entre as práticas e as representações que envolvem os bens culturais: as práticas são realizadas no dia-a-dia das pessoas e das sociedades detentoras dos bens, e se conectam a complexas relações de apropriação e de pertencimento, ligadas à cotidianidade e habitualidade, dentro do processo de construção das identidades; as representações situam-se às margens do cotidiano dos praticantes – como visitas turísticas – e, quando privilegiadas em detrimento das práticas, esvaziam o conteúdo existencial do patrimônio (MENESES, 2012).

No Brasil, a longa tradição em se preservar apenas os bens materiais (os produtos culturais, em especial o patrimônio edificado) fez com que prevalecesse um quadro de valores baseado na anciandade, autenticidade, monumentalidade e excepcionalidade. Meneses (2012) propõe a constituição de um novo quadro de valores, que substitua o tradicional e que seja capaz de abarcar o amplo e complexo universo das manifestações culturais: valores cognitivos (dizem respeito ao patrimônio como documento); valores formais (estéticos e sensoriais); valores afetivos (ligados às memórias individuais e coletivas, ao sentimento de pertencimento do sujeito ao espaço); valores pragmáticos (de uso e apropriação); valores éticos (ligados ao direito cultural e ao respeito à diversidade).

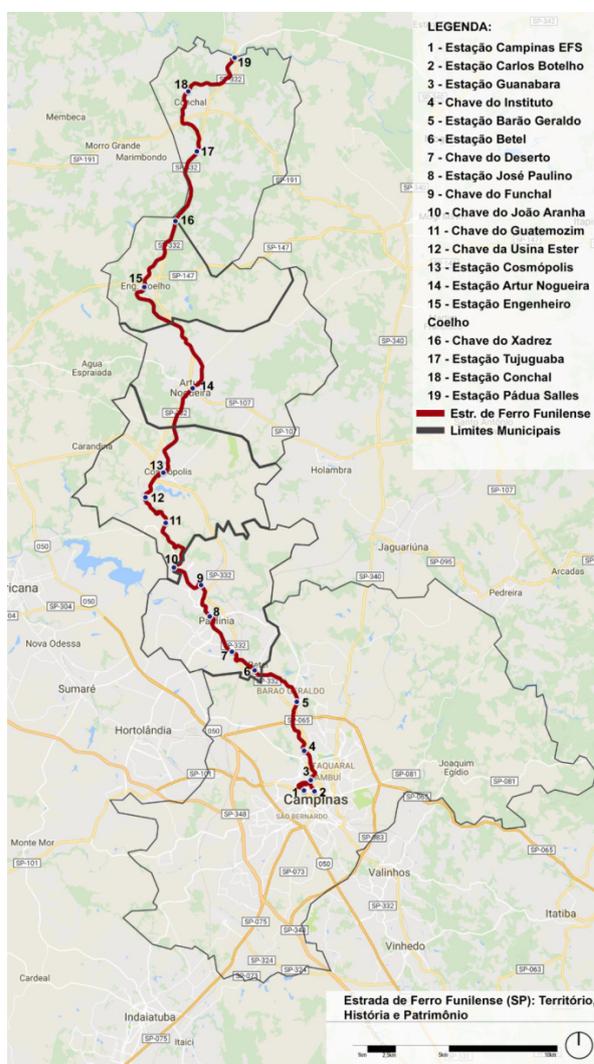
Está cada vez mais nítido que o campo de atuação do patrimônio, inserido no campo da cultura, é um campo político, uma arena de conflitos. Ele permite que se reivindiquem e garantam direitos e acessos, ao mesmo tempo em que pressupõe responsabilidades, sendo a cidadania e a democracia palavras-chave dentro do processo de salvaguarda patrimonial. O conceito de sustentabilidade também foi apropriado pelo campo do patrimônio para reforçar as ações de preservação, dentro das complexas relações entre cultura e mercado na construção das tradições e das identidades, poden-

do gerar benefícios materiais, psicossociais (autoestima) e políticos (inclusão social e cidadania) às populações alvo (ARANTES, 2005).

A nova abordagem historiográfica construída pela História do Tempo Presente também pode contribuir com os estudos patrimoniais. Surgiu na França, na década de 1970, e chegou ao Brasil recentemente. Vai muito além de afirmar que é o estudo do passado que faz com que o presente ganhe sentido, ela parte do pressuposto de que o passado existe em função do presente, uma vez que ele é observado, analisado, significado, apreendido, representado, usado (e abusado) no presente, pelo presente, para o presente, a partir das questões inerentes ao presente (CHAUVEAU, 1999). As questões levantadas pela História do Tempo Presente, especialmente quanto à compreensão das relações que as sociedades estabelecem com as temporalidades, permitem que se note que para os momentos em que a noção de patrimônio adquire significados e usos mais nobres coincidem com fases de questionamento da ordem do tempo, ou seja, “o patrimônio é um recurso para o tempo de crise” (HARTOG, 2006, p.272).

FIGURA 2 – Antigo traçado da Estrada de Ferro Funilense.

Fonte: Elaborado por Ana Laura Evangelista, com a colaboração de Luísa Trevisan Ribeiro, 2018.



O processo de reconstituição do trajeto da Funilense [2] colocou em evidência e em relação os remanescentes materiais das atividades ferroviárias dispersos pelo território atual [4], permitindo identificar as marcas deixadas pela ferrovia na paisagem e recuperar a percepção de sua continuidade. Para tanto, foram elaboradas 12 Fichas Des-

critivas [3] (utilizando-se de Microsoft Excel e Google Earth Pro<sup>5</sup>), nas quais foram cruzadas informações retiradas de diversas fontes documentais primárias, imagens de satélite, trabalhos acadêmicos e levantamentos de campo<sup>6</sup>. As Fichas constituíram-se em instrumento de sistematização de dados (não como um inventário), permitindo uma possível leitura da paisagem e do conjunto formado pelos remanescentes. Cada Ficha apresenta um trecho da ferrovia (de uma estação ou chave<sup>7</sup> até a seguinte), partindo do Sul em direção ao Norte, de Campinas até Conchal.

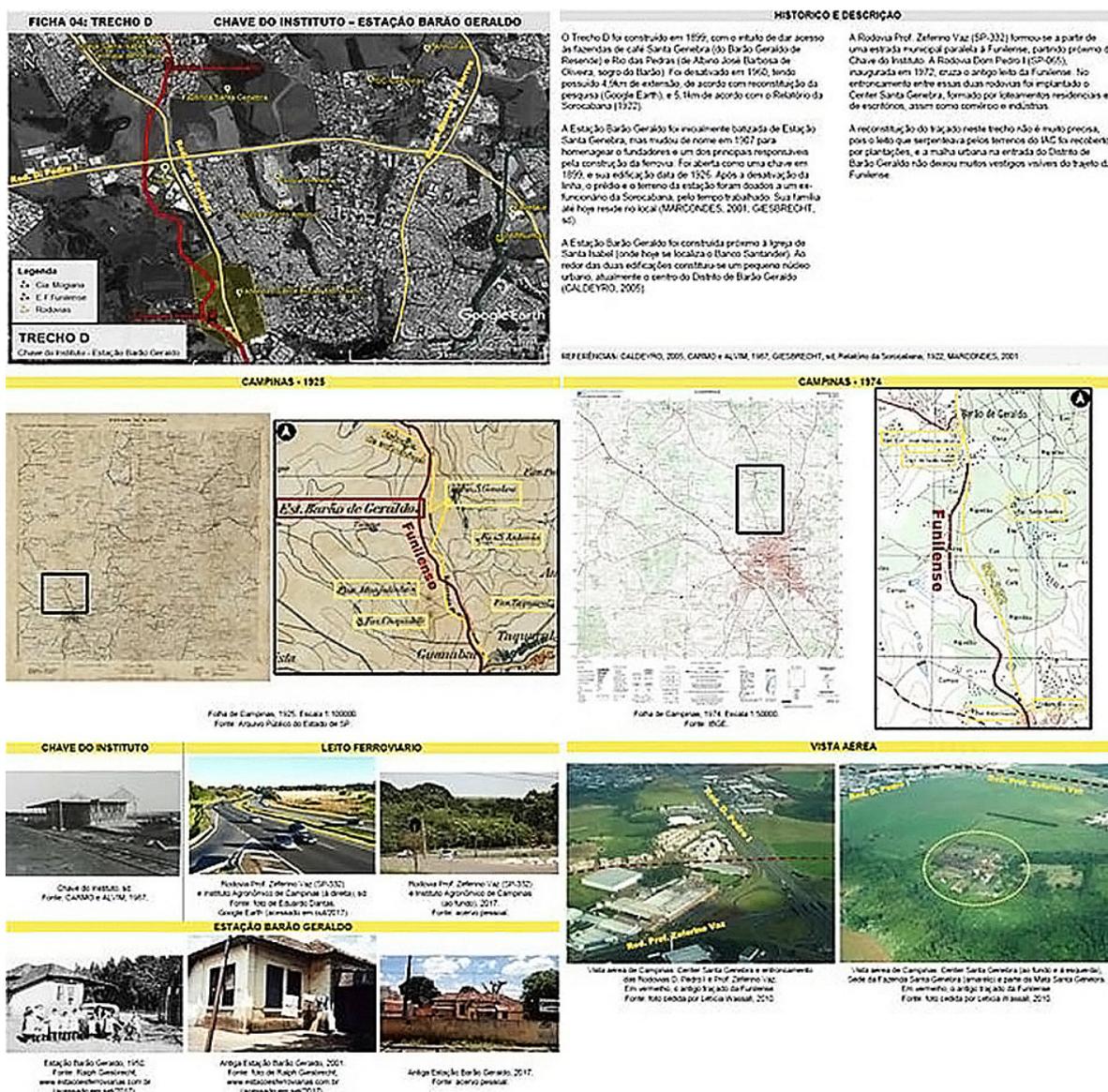


FIGURA 3 – Exemplo de Ficha Descritiva. Refere-se ao trecho entre a Chave do Instituto e a Estação Barão Geraldo.

Fonte: Elaborada por Ana Laura Evangelista, 2018.

<sup>5</sup> O Google Earth Pro é uma ferramenta de mapeamento georreferenciado (SIG – Sistema de Informação Geográfica) que permite registro e sobreposição de diversas informações territoriais.

<sup>6</sup> Foram utilizados: livros de memorialistas locais - Jolumá Brito (1972), Maria das Dores Soares Maziero & Meire Terezinha Muller Soares (1999 e 2006), Luiz Carlos “Mano” Fromberg Ferreira (2000 e 2011), Edson Fávero (2011) e Sandro Ferrari (2011) –, que guiaram a compreensão das histórias das cidades, cronologias, lugares de memória e discursos envolvidos nos processos históricos; mapas históricos e recentes, encontrados principalmente nos acervos do Arquivo Público do Estado de São Paulo, do Museu da Imigração, do Centro de Ciências, Letras e Artes de Campinas, do Centro de Memória da Unicamp, do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em livros, trabalhos acadêmicos e prefeituras; fotos históricas e recentes retiradas de livros, do acervo do Centro de Memória de Cosmópolis e do Museu da Imigração, de trabalhos acadêmicos, sites e levantamentos de campo.

<sup>7</sup> As chaves eram peças utilizadas para desviar os trilhos e alterar trajetórias. No contexto da Funilense, foram implantadas próximas a algumas sedes de fazendas, para que os trens fizessem pequenos desvios e passassem mais próximos a elas e, com isso, acabaram se consolidando como pontos de parada estratégicos para embarque e desembarque. Algumas das chaves mais importantes foram transformadas em estações.

## Visibilidades e invisibilidades

Paulínia e Cosmópolis formaram parte do território de Campinas até meados do século XX, enquanto Artur Nogueira e Conchal pertenceram a Mogi-Mirim. Engenheiro Coelho emancipou-se de Artur Nogueira apenas no fim do século XX. Esses processos de desmembramento causaram uma desagregação na percepção dos remanescentes da Funilense como um conjunto coerente e coeso, tanto em sua materialidade quanto no sentido simbólico. Esse pode ter sido um dos fatores que permitiu que se acentuassem os processos de esquecimento e apagamento dos vestígios da ferrovia. Com as emancipações, os municípios passaram a se preocupar com a gestão apenas daquilo que se encontrava dentro de suas fronteiras, ao mesmo tempo em que houve processos de escrita das histórias municipais e de construção de suas identidades, com narrativas e discursos marcados por esse momento de ruptura, focados em buscar características peculiares que valorizassem a individualidade de uma cidade em relação às outras.

De acordo com Brito (1972), quando o Ramal Pádua Salles foi extinto, seus terrenos foram cedidos ao Departamento de Estradas de Rodagem (DER). Isso explica a preservação e o reaproveitamento do leito como espaço público, especialmente vias públicas sob a jurisdição municipal ou estadual. Já com relação aos terrenos das estações, pátios, oficinas e outros espaços, as demolições e os réusos empreendidos pelas cidades mostram que, em algum momento ao longo das décadas seguintes, os terrenos foram repassados aos municípios.

O esquecimento e a invisibilidade resultantes também podem ser explicados pelas demolições das estações e outros edifícios, e pela retirada dos trilhos, fatores que permitiram que uma nova camada de edifícios, vias públicas, espaços públicos e bairros fosse construída sobre os espaços que a Funilense ocupou, ou que esses espaços fossem abandonados. Os réusos posteriores acabaram por descaracterizar o restante das edificações, que perderam muitos vestígios do uso ferroviário original.

O processo de industrialização da região de Campinas também foi outro fator que contribuiu para o apagamento da Funilense. As cidades interligadas pela ferrovia receberam grandes contingentes populacionais, uma população que não se identifica com as histórias e memórias locais, e que alterou o perfil socioeconômico da região. Além disso, a Funilense era uma ferrovia pequena, em comparação às demais ferrovias paulistas, concebida com objetivos muito específicos de grupos locais, o que fez com que se tornasse pouco conhecida e lembrada.

Os memorialistas foram os que se dedicaram a preservar as histórias e memórias relacionadas à Funilense, que transformaram a ferrovia em elemento importante no imaginário fundacional das cidades. Da mesma forma, o processo de reconstituição cartográfica do traçado da Funilense auxilia na apreensão dos remanescentes ferroviários presentes no território atual das cidades [4]. A ferrovia, no passado, foi elemento catalizador na conformação do território. A recomposição de seu trajeto, no presente, permite que se recupere sua história e memória e, conseqüentemente, a visibilidade e percepção dos remanescentes como um conjunto, um elemento articulado e coeso.

As Fichas Descritivas, elaboradas na presente pesquisa, permitiram que se identificasse que o leito ferroviário não desapareceu da paisagem, vestígios dele estão presentes nas cidades, “fossilizados” no tecido urbano na forma de ruas, avenidas, estradas de terra, rodovias, canteiros centrais, terrenos baldios ou estacionamentos. Já as ausências causadas pelas demolições quase não são perceptíveis: os espaços logo foram substituídos por uma nova camada de espaços públicos, seja para prolongamento

de avenidas, construção de rodoviárias e praças; ou simplesmente desapareceram. Simultaneamente, até mesmo as presenças das edificações não são tão visíveis ou óbvias.

Com relação às edificações presentes no território atual, a **Estação Carlos Botelho**, construída na lateral do Mercado Municipal de Campinas, propriedade da Prefeitura de Campinas, foi reapropriada para o uso comercial do Mercado; o edifício foi tombado em nível municipal e estadual, e recentemente restaurado. O antigo **armazém da Sorocabana**, propriedade da Prefeitura de Campinas, é gerido pela Secretaria de Assistência Social e usado como “Centro de Atendimento e Promoção da População Migrante e de Rua”. A **Estação Barão Geraldo**, com o fim da Sorocabana, foi cedida a um ex-funcionário em reconhecimento aos serviços prestados e como ressarcimento dos salários atrasados; como propriedade particular, vem sendo utilizada desde então como residência pela família.



FIGURA 4 – Mapa das edificações remanescentes da Estrada de Ferro Funilense: 1) Estação Carlos Botelho 2) Armazém da Sorocabana; 3) Estação Barão Geraldo; 4) Estação Betel; 5) Ponte de Ferro sobre o rio Jaguari; 6) Réplica da Estação Artur Nogueira; 7) Estação Engenheiro Coelho; 8) Estação Conchal; 9) Caixa d'água da Estação Pádua Salles.

Fontes: Mapa e fotos do acervo da pesquisa, feitos entre 2017 e 2018.

A **Estação Betel**, propriedade da Prefeitura de Paulínia, depois de ter sido reutilizada como escola pública, foi transformada em posto de saúde municipal. A **ponte de ferro** sobre o rio Jaguari, inserida no meio dos canaviais da Usina Ester, ainda é utilizada pela Usina e pelos moradores da região; por ela não passam apenas veículos, mas pessoas fazendo trilhas e ciclistas praticantes de mountain bike.

A **réplica da Estação Artur Nogueira** (construída em 2010, após a original ter sido demolida em 1976), apesar de não ser um remanescente “autêntico”, tornou-se um importante lugar de memória<sup>8</sup> vinculado a ela. O município evocou esse elemento do passado para dar materialidade a um centro cultural e ponto turístico de Artur Nogueira, evidenciando o novo lugar dado à ferrovia na narrativa fundacional da cidade. Esse monumento intencional (RIEGL, 2006) reativou a memória da Funilense, reinventando-se uma história e uma tradição local, buscando superar ou apagar a ruptura espaço-temporal causada pela demolição. O passado da ferrovia tornou-se objeto de ação no presente, de transformação da realidade, especialmente quando se tem em vista que o uso atual do edifício é público e cultural.

A Estação Engenheiro Coelho, propriedade da Prefeitura do município homônimo, foi adaptada para servir de posto de saúde municipal. A Estação Conchal, propriedade da Prefeitura de Conchal, foi transformada em escola e, depois de um período de abandono, foi reformada e transformada em centro cultural; seu espaço interno foi reutilizado como local de exposições e em seu espaço externo, aproveitando-se o declive do terreno, foi instalado um teatro de arena. A caixa d'água da Estação Pádua Salles está oculta atrás de um muro, quase invisível em meio à mata nas margens do rio Mogi-Guaçu.

Além das estações, algumas chaves se tornaram importantes e acabaram ganhando uma estrutura um pouco mais sofisticada, enquanto outras ganharam um prédio maior e foram elevadas à categoria de estação. A dificuldade de identificação dessas paradas associadas às chaves e, conseqüentemente, dos diversos nomes com que foram conhecidas, tornou difícil classificar os pontos de parada como “estação” ou “chave”, uma vez que cada autor ou fonte documental as tratam de modo distinto. Mas a dificuldade maior residiu na falta de informações mais consistentes e nas contradições encontradas nos dados que não permitiram uma localização precisa delas, sem mencionar a falta de registros imagéticos. Assim, foram pontuadas no mapa final apenas as chaves que apareceram nos mapas históricos, permanecendo alguma imprecisão, mesmo após os levantamentos de campo realizados.

Constata-se, por outro lado, que foram os processos de reuso dos edifícios que garantiram sua sobrevivência, tendo em vista que os edifícios abandonados pelo poder público (e ocupados pela população) acabaram sendo eventualmente demolidos. Apesar das alterações estruturais e estéticas, é possível constatar que o valor de uso também interfere no estado de conservação dos bens.

## Território e patrimônio cultural: uma abordagem sincrônica

O estudo da Estrada de Ferro Funilense e seus remanescentes fez com que emergissem questões com relação à preservação do patrimônio cultural. Esses bens não se enquadram nos critérios tradicionais de preservação patrimonial: não possuem caráter monumental, excepcional ou exemplar, e nem autenticidade; a eles dificilmente seriam atribuídos valores artísticos ou arquitetônicos que justificariam um tombamento. A forma como o leito e as edificações foram incorporados à malha urbana

<sup>8</sup> A memória se relaciona ao cotidiano dos grupos sociais, aos hábitos e ações realizados no dia-a-dia. Inconsciente de si, ela se cristaliza e se refugia nas coisas e nos lugares (no espaço, no gesto, na imagem, no objeto), conservando e transmitindo valores e saberes compartilhados pelos grupos. Ela é viva, evolui, lembra e esquece, existindo e fazendo sentido apenas no presente, individual e coletivamente, ao mesmo tempo em que produz um sentimento de continuidade (NORA, 1993).

dos municípios, ou desapareceram, também dificulta a percepção desses bens como um conjunto. Tombamentos individuais dos edifícios dificilmente seriam suficientes para sua preservação enquanto um conjunto. A ruptura na percepção da continuidade histórica que as demolições e reusos causaram prejudica a valorização dos remanescentes a partir do viés histórico, embora eles tenham valores de ancianidade e documental, e alguns ainda se constituam como importantes lugares de memória.

Do ponto de vista do patrimônio imaterial, muitas formas de expressão, celebrações, tradições, saberes, modos de fazer e etc., que podem ser encontrados nas cidades até os dias atuais, vinculam-se indiretamente à Funilense a partir da questão da formação territorial como, por exemplo, as heranças culturais vinculadas aos ex-colonos dos Núcleos Coloniais, aos funcionários das indústrias e aos primeiros habitantes dos núcleos urbanos, imigrantes e nacionais<sup>9</sup>. Encontram-se em um território metropolitano efêmero. Com a exceção de Campinas, os outros cinco municípios não possuem legislações e órgãos de preservação patrimonial bem estruturados e atuantes.

A noção de patrimônio cultural, tanto em nível nacional quanto internacional, vem se ampliando com a incorporação de novos conceitos e instrumentos de preservação, que cada vez mais reforçam a importância das questões territoriais e socioeconômicas no processo de salvaguarda.

No Brasil, a lei nº 11.483/2007 (BRASIL, 2007) passou vários bens ferroviários (provenientes da extinta Rede Ferroviária Federal S/A e que não estão sendo administrados para transporte de cargas) para a tutela do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), que criou a Lista do Patrimônio cultural Ferroviário em 2010 (BRASIL, 2010). Além disso, pequenos trechos de algumas ferrovias vêm sendo reutilizados para atividades turísticas, operados por empresas privadas e associações de preservação, muitas vezes em parceria com municípios e concessionárias. A Lei nº11.483/2007 alterou o processo de preservação do patrimônio ferroviário ao apresentar duas perspectivas de trabalho, sua preservação e difusão a partir do cuidado com a dimensão material, estabelecendo diretrizes e obrigações envolvendo múltiplas agências públicas.

A Carta de Nizhny Tagil (TICCIH – BRASIL, 2003) vem sustentando as orientações do IPHAN, a partir de noções relacionadas ao patrimônio industrial, embora o conjunto de bens na Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário não atenda a todos os preceitos e indicações da Carta, restringindo-se à preservação de bens edificados através de inventários (MATOS, 2015)

O CONDEPHAAT (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico), criado em 1967, vem tombando bens ferroviários paulistas desde o fim da década de 1960, especialmente edifícios de estações, porém, com tendência ao tratamento unitário dos elementos, a partir da valorização da nostalgia vinculada à função de embarque e desembarque das estações, em detrimento da importância social, tecnológica e econômica das ferrovias (MORAES, 2016; RODRIGUES, 2010), não considerando que, no estado de São Paulo,

***[...] a ferrovia é parte de um complexo produtivo territorial que inter-relaciona a cafeicultura, a agricultura de alimentos, o fluxo de capital, a mão-de-obra e o comércio. Contudo, a estrada de ferro não transportava apenas carga, transportava também pessoas. Portanto, falar de vestígios ferroviários é considerar que sua existência material esta relacionada ao processo capitalista de industrialização que se expande no território. (SCHICCHI & OLIVEIRA, 2016, p.537)***

<sup>9</sup> Entre eles, encontram-se clubes e times esportivos, festas de descendentes de imigrantes, carnavais, bailes dançantes, quermesses e outras festas religiosas, rodeio, etc.

A rapidez com que a Funilense foi desativada e demolida fez com que muita informação se perdesse. Por ter sido gerida por mais de uma instituição, sua documentação acabou se fragmentando e se diluindo em diversos acervos localizados em arquivos, museus e centros de memória. Investigar os processos coletivos e individuais das memórias dos ex-funcionários seria um grande desafio, pois foi desativada há muitas décadas. Entretanto, a abordagem territorial e social que o estudo do patrimônio ferroviário pressupõe pode auxiliar na apreensão da Funilense: ela articulou e formou um território, foi vetor de expansão territorial e demográfica, interconectando patrimônios em suas dimensões materiais e imateriais, formando uma paisagem complexa e dinâmica. Dessa forma, as figuras e instrumentos de preservação que poderiam auxiliar na sua preservação não podem estar dissociados das dinâmicas urbanas e dos instrumentos urbanísticos.

A categoria do *Itinerário Cultural* foi incluída na Lista do Patrimônio Mundial em 2008. De acordo com a Carta Internacional sobre os Itinerários Culturais (ICOMOS, 2008), esse último reconhece, valoriza e religa várias categorias através da questão da mobilidade e das trocas humanas pelas vias de comunicação. A importância da Carta e do conceito de Itinerário Cultural reside na valorização dos processos que vão além do material e do imaterial, dando importância central aos atores sociais e rediscutindo o papel do meio e do território. A ideia de partilha é importante para o Itinerário, que

***[...] considera os valores culturais como um patrimônio comum, aberto, para lá das fronteiras e exigindo esforços unificados. Respeitando o valor inerente a cada um dos seus elementos, o Itinerário Cultural enriquece a mensagem espiritual do passado de todos os que o compõem como peças pertencentes a um conjunto que reforça o seu sentido. Ilustra igualmente a concepção contemporânea dos valores do patrimônio para a sociedade, enquanto recurso para um desenvolvimento social e econômico durável. (ICOMOS, 2008)***

O Itinerário também pressupõe um dinamismo cultural, que afeta constantemente o material e o imaterial. Seu processo de salvaguarda deve começar pela realização de um inventário de bens e de um relatório sobre os estados de conservação, para elaboração de um plano estratégico de salvaguarda, com mecanismos que coordenem ações e instrumentos legais de proteção, uso e gestão dos elementos, tendo em vista seu valor de conjunto e a relação dos bens inventariados com a finalidade original do caminho. Quanto ao uso e gestão, a Carta afirma que deve prevalecer o interesse social e econômico para o desenvolvimento equilibrado do bem, com sensibilização e participação dos habitantes. A gestão exige coordenação transversal que garanta a integridade das políticas de proteção, uso, conservação, ordenamento do território e do turismo.

No Brasil, as questões referentes aos Itinerários Culturais estão inseridas na categoria da Paisagem Cultural, com seu respectivo instrumento de preservação, a Chancela, Portaria nº127 (BRASIL, 2009). Em 2007, foram elaboradas as Cartas de Bagé (ou Carta da Paisagem Cultural) e da Bodoquena (Carta das Paisagens Culturais e Geoparques). Em 2009, o IPHAN conceituou Paisagem Cultural como "uma porção peculiar do território nacional, representativa do processo de interação do homem com o meio natural, à qual a vida e a ciência humana imprimiram marcas ou atribuíram valores" (BRASIL, 2009). A Chancela pressupõe o estabelecimento de um pacto entre o poder público, a sociedade civil e a iniciativa privada, visando a gestão compartilhada do

território compreendido como paisagem cultural, podendo ser criado um plano de gestão a ser acompanhado pelo IPHAN. Com a Paisagem, busca-se

***[...] compreender o território de modo ampliado, com base em sua formação e na identificação dos macroprocessos históricos, permitindo, também, a interpretação dos bens culturais protegidos não isoladamente, por suas características individuais, mas de modo correlacionado, configurando redes de proteção com bases territoriais. (WEISSHEIMER & MONGELLI, 2010, p.237)***

Os mapeamentos e inventários realizados no contexto de preservação das Paisagens e Itinerários Culturais brasileiros inserem-se em uma lógica de rede. Nas redes, o patrimônio é identificado e valorizado a partir de recortes temáticos ou territoriais, abordado de forma associada ao território e sua dinâmica sociocultural, partindo da elaboração de inventários que permitem identificar e selecionar bens de categorias diversas, a serem preservados por instrumentos que melhor se adequem a cada um. Propõe que as ações de proteção e valorização sejam integradas com órgãos locais de patrimônio, potencializando o desenvolvimento socioeconômico e cultural local, com geração de renda e melhoria da qualidade de vida das populações detentoras dos bens. (FINGER, 2012)

As redes configuram-se como forma de superar a ação de preservação pontual e focada apenas no material ou no imaterial, no cultural ou no natural: “se somada ao ambiente natural [...], essa cadeia de bens constitui uma rede interconectada de elementos culturais e de conhecimento potencialmente compartilhado” (FINGER, 2012, p.253), aumentando a significância e a coesão do patrimônio cultural, facilitando sua apropriação social. Abre-se espaço para que estados, regiões e grupos sociais pouco contemplados pelas práticas tradicionais de preservação ganhem visibilidade e voz, incentivando o respeito à diversidade cultural nacional, assim como o equilíbrio ambiental.

Projetos de educação patrimonial e de aplicação de inventários participativos também podem auxiliar o processo de preservação em redes. O IPHAN lançou, em parceria com o MEC, uma metodologia de aplicação de inventários participativos voltados para a educação patrimonial nas escolas (IPHAN, 2016).

Essas formas de abordagem do patrimônio, em simultâneo ou em associação, e seus respectivos instrumentos de preservação, indicam um caminho para se pensar uma estratégia de preservação dos remanescentes da Funilense, que configuram-se como um patrimônio regional, metropolitano, cuja escala transcende a atuação de órgãos municipais de preservação. Esses instrumentos e experiências corroboram a necessidade da abordagem territorial e da gestão compartilhada, desejáveis no planejamento de áreas metropolitanas (com suas características interativas na conformação territorial, socioeconômica e cultural), assim como a importância do protagonismo social na salvaguarda patrimonial, uma vez que, quando os processos de atribuição de valor e de preservação têm a sociedade como protagonista, o patrimônio rompe com as barreiras tradicionais, tornando-se multívoco e multifacetado, podendo ser apropriado de forma efetiva pela sociedade.

## Considerações Finais

Retraçar a Estrada de Ferro Funilense foi uma forma de (re)conhecê-la e (re)inseri-la no território, recuperando sua continuidade espacial e temporal. Uma vez reconstituído, o traçado permitiu uma leitura desse território complexo e dinâmico, inserido em uma região metropolitana importante para a economia nacional. Com isso, amplia-se o espectro de ações sobre os remanescentes materiais das atividades da ferrovia (com a reapropriação e ressignificação desse patrimônio ferroviário pela sociedade), e também o espectro de ações sobre o próprio território.

A Funilense não apenas interligou o território físico dos municípios, mas suas histórias e memórias coletivas, cristalizadas na materialidade territorial. Tendo em vista as atuais conjunturas do campo do patrimônio cultural, mesmo que a Funilense não seja considerada significativa, íntegra ou autêntica para ser preservada através de tombamentos de seus remanescentes, ou mesmo que não se revele integrada para ser reconhecida como uma paisagem cultural ou estabelecer um itinerário cultural, o conhecimento do seu papel na conformação do território poderia potencializar o vínculo cultural entre os municípios e seus habitantes, fortalecendo o sentimento de pertencimento de diferentes grupos sociais, favorecendo o desenvolvimento social e econômico regional.

Poucas iniciativas de valorização e preservação dos remanescentes da Funilense foram concretizadas e a maioria foi pontual, embora esse patrimônio seja complexo e regional. As experiências mais recentes nas ações de preservação patrimonial evidenciam a importância do protagonismo da sociedade em todas as etapas do processo, assim como a importância da gestão compartilhada para uma efetiva salvaguarda, e das articulações em redes patrimoniais, que potencializam os diálogos e articulações. Isso gera um sentimento de empoderamento dos grupos sociais, especialmente ao romper com as narrativas históricas unívocas e lineares que excluem e reforçam a segregação de minorias.

Por fim, a inquietação inicial envolvendo a tentativa de compreender o processo de esquecimento e de apagamento dos vestígios e da memória da Funilense foi substituída pela vontade de mostrar que a Funilense não desapareceu: ela sobrevive na articulação entre os discursos que a construíram, inauguraram, exploraram, demoliram e reconstruíram; sobrevive nas marcas deixadas pelo leito ferroviário na malha urbana, nas ruínas das edificações abandonadas, nas estações adaptadas para novos usos, até mesmo na construção de uma réplica de estação; nas memórias dos moradores mais antigos, na documentação histórica e na toponímia; sobrevive, inclusive, nas ausências, nos vestígios daquilo que não está mais lá.

## Agradecimentos

A pesquisa foi desenvolvida com bolsa da CAPES, com o apoio do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (POSURB-ARQ), da Pontifícia Universidade Católica De Campinas. Agradecemos a todos que contribuíram de algum modo à pesquisa. Os conceitos também vêm sendo trabalhados em pesquisa financiada pelo CNPq (Edital Universal – processo n. 444663/2014-2).

## Referências

- ARANTES, A. O patrimônio imaterial e a sustentabilidade de sua salvaguarda. **Caderno de Estudos do PEP**, COPEDOC/IPHAN, Rio de Janeiro, 2005, p.9-14.
- BRASIL. IPHAN. Portaria nº 407, de 21 de dezembro de 2010. Dispõe sobre o estabelecimento dos parâmetros de valoração e procedimento de inscrição na Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário, visando à proteção da memória ferroviária, em conformidade com o art. 9º da Lei n.º 11.483/2007. **Portal Iphan**. Brasília. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/portaria4072010alteradaportaria\\_1722016.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/portaria4072010alteradaportaria_1722016.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- BRASIL. IPHAN. Portaria nº 127, de 30 de abril de 2009. Estabelece a chancela da Paisagem Cultural Brasileira. **Diário Oficial da União**, Iphan, Brasília, DF, nº 83, 5 maio 2009, Seção 1, p.17. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria\\_127\\_de\\_30\\_de\\_Abril\\_de\\_2009.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_127_de_30_de_Abril_de_2009.pdf)>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 11.483, de 31 de maio de 2007. Dispõe sobre a revitalização do setor ferroviário, altera dispositivos da Lei no 10.233, de 5 de junho de 2001, e dá outras providências. **Portal da Legislação**. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11483.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11483.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). **Câmara dos Deputados**. Legislação. Brasília. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 28 jun.2018.
- BRITO, J. **História da Cidade de Paulínia**. v.1. São Paulo: Indústria Gráfica Saraiva, 1972.
- CAIADO, M. C. S.; PIRES, M. C. S. Campinas Metropolitana: transformações na estrutura urbana atual e desafios futuros. In: CUNHA, J.M.P. (Org.). **Novas Metrôpoles Paulistas. População, Vulnerabilidade e segregação**. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2006, cap.10, p. 275-304.
- CHAUVEAU, A.; TÉTART, P. (Orgs.). **Questões para a história do presente**. Bauru: EDUSC, 1999.
- COSTA, P. D. S. R. **Espaços ferroviários de Campinas: (re)leituras contemporâneas**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo), 2010, 120 p. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2010.
- EVANGELISTA, A. L.; SCHICCHI, M. C. S. Estrada de Ferro Funilense (SP): Território, História e Patrimônio. In: **Anais Eletrônicos do XXIX Simpósio Nacional de História**, Brasília, 2017. Não Paginado. Disponível em: <<http://bit.ly/2BqynXv>>. Acesso em: 5 out. 2017.
- FAVERO, E.; HEFLINGER JR., J.E. **Retratos de Engenheiro Coelho**. Limeira: Unigráfica, 2011, 120 p.
- FERRARI, S. **Os núcleos do Conchal**. São Paulo: Clube de Autores, 2011, 202 p.
- FERREIRA, L. C. F.; BARBOSA, A. M.; FERREIRA, S. F. **Cosmópolis: de Fazenda Funil à Cidade Universo**. São Paulo: Pancrom Indústria Gráfica Editora, 2011, 744 p.
- FERREIRA, L. C. F.; FERREIRA, S. F. **Artur Nogueira: berço da Amizade**. Artur Nogueira; Câmara Municipal, 2000, 271 p.

FINGER, A. E. Redes de proteção ao patrimônio. In: **Anais do I Fórum Nacional do Patrimônio Cultural**, 2009. Brasília: IPHAN, 2012, p.252-260, v.3.

FONSECA, M. C. L. Patrimônio cultural: por uma abordagem integrada (considerações sobre materialidade e imaterialidade na prática da preservação). In: **Caderno de Estudos do PEP**. COPEDOC/IPHAN. Rio de Janeiro, 2007, p.69-73.

GONÇALVES, J. R. O Patrimônio como categoria do pensamento. In: ABREU, R.; CHAGAS, M. (Orgs.). **Memória e Patrimônio: ensaios contemporâneos**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009, p.25-33.

HARTOG, F. Tempo e Patrimônio. In: **Varia História**. Belo Horizonte, vol.22, nº36, Jul/Dez de 2006, p.261-273.

ICOMOS. **Carta Internacional sobre os Itinerários Culturais**, 2008. Tradução de Ana Paula Amendoeira. Disponível em: <icomos.fa.utl.pt>. Acesso em: 10 jan. 2018.

IPHAN. **Educação Patrimonial: Inventários Participativos: Manual de Aplicação**. Brasília, 2016. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/inventariodopatrimonio\\_15x21web.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/inventariodopatrimonio_15x21web.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

IPHAN. **Carta da Bodoquena, ou Carta das Paisagens Culturais e Geoparques**, 2007. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/Carta\\_das\\_Paisagens\\_Culturais\\_e\\_Geoparques.PDF](http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/Carta_das_Paisagens_Culturais_e_Geoparques.PDF)>. Acesso em: 10 jan, 2018.

MARCONDES, M. **História e informática: o uso da hipermídia no resgate da história da Estrada de Ferro Funilense**. Dissertação (Mestrado em Multimeios), 2001, 155 p. IA/ UNICAMP, Campinas, 2001.

MATOS, L. F. **Memória Ferroviária: da mobilização social à política pública de patrimônio**. Tese (Doutorado em História, Política e Bens Culturais), 2015, 200 p. FGV/CPDOC, Rio de Janeiro, 2015.

MATOS, O. N. **Café e ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira**. 4ª Edição. Campinas: Pontes, 1990, 188 p.

MENESES, U. T. B. O campo do Patrimônio Cultural: uma revisão de premissas. In: **Anais do I Fórum Nacional do Patrimônio Cultural**, 2009. Brasília: IPHAN, 2012. p.127-135, v.1.

MORAES, E. H. **Os bens ferroviários nos tombamentos do Estado de São Paulo (1969 – 1984)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação), 2016, 192 p. UNESP, Baurú, 2016.

MÜLLER, M. T.; MAZIERO, M. das D. S. **Paulínia: História e Memória: dos trilhos da Carril às chamas do progresso**. Campinas: Ed. Komedi (edição bilíngue), 2006, 128 p.

MÜLLER, M. T.; MAZIERO, M. das D. S. **Paulínia: dos trilhos da Carril às chamas do progresso - 1770-1970**. 1ª edição. Paulínia: Unigráfica, 1999, 200 p.

NORA, P. Entre memória e história: a problemática dos lugares. In: **Projeto História**, São Paulo, n.10, p.7-28. 1993.

RIEGL, A. **O culto moderno dos monumentos: sua essência e sua gênese**. Goiânia: Ed. da UCG, 2006, 120 p.

RODRIGUES, M. Patrimônio Industrial, entre o fetiche e a memória. In: **Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, Universidade São Judas Tadeu. nº 3, 1º semestre 2010, p. 31-40.

SÃO PAULO (Estado). Assembleia Legislativa. **Lei Complementar nº 870/2000**. Cria a Região Metropolitana de Campinas, o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Campinas e autoriza o Poder Executivo a instituir entidade autárquica, a constituir o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano da Região de Campinas, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado. Poder Executivo, São Paulo, Seção 1, 110 (117), 20 jun. 2000. Disponível em: <[http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20000620&Caderno=EXECUTIVO\\_1&NumeroPagina=2](http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20000620&Caderno=EXECUTIVO_1&NumeroPagina=2)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SCHICCHI, M. C. da S. The Cultural Heritage of Medium and Small-sized Cities: A New Approach to Metropolitan Transformations in São Paulo, Brazil. In: **Traditional Dwellings and Settlements Review**. Berkeley, vol. XXVIII, nº1, 2015, p.21-34.

SCHICCHI, M. C.; GÓES, R.; EVANGELISTA, A. L. A Estrada de Ferro Funilense e a formação da região metropolitana de Campinas: um patrimônio de várias cidades. In: OLIVEIRA, E. R. (Org.) **Memória Ferroviária e Cultura do Trabalho: perspectivas, métodos e perguntas interdisciplinares sobre o registro, preservação e ativação de bens ferroviários**. São Paulo: Alameda Casa Editorial, 2017, v.1, p. 237-284.

SCHICCHI, M. C.; OLIVEIRA, E. R. Ferrovia e cidade: quando o objeto enseja sua compreensão no território. In: **Anais do I Congresso Ibero-Americano de História Urbana. Santiago de Chile**, nov. 2016, p.537-546.

TICCIH – BRASIL. Comitê Brasileiro de Preservação do Patrimônio Industrial. **Carta de Nizhny Tagil sobre o patrimônio industrial**, 2003. Disponível em: <[www.patrimonio-industrial.org.br/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=8](http://www.patrimonio-industrial.org.br/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=8)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

WEISSHEIMER, M.; MONGELLI, M. Paisagem, território e patrimônio: o contexto institucional de 2010. In: **1º Colóquio Ibero-Americano “Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto”**, Belo Horizonte, 2010. Brasília: IPHAN; Belo Horizonte: IEDS, 2017. p.235-240.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 22/05/2018 APROVAÇÃO: 19/06/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

ANDRÉA QUADRADO MUSSI, ANICOLI ROMANINI, MARCELE SALLES MARTINS, THÁISA LEAL DA SILVA, LAURO ANDRÉ RIBEIRO, CALIANE CHRISTIE OLIVEIRA DE ALMEIDA E GRACE TIBÉRIO CARDOSO

## Trajetória de uma experiência de autogestão habitacional de interesse social: reflexões quanto ao empoderamento da comunidade e soluções adotadas

*Trajectory of a self-management experience of low-income housing: reflections on community empowerment and adopted solutions*

**Andréa Quadrado Mussi**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED - PPGARQ-IMED. Fellow de Harvard University /LASPAU/ Consórcio STHEM Brasil.

*Professor of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of IMED - PPGARQ-IMED. Fellow of Harvard University / LASPAU / STHEM Brazil Consortium.*

**andrea.mussi@imed.edu.br**

**Anicoli Romanini**

Professora do curso de arquitetura e urbanismo da IMED. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

*Professor of architecture and urban planning at IMED. Ph.D. student in the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of the Federal University of Santa Catarina (UFSC).*

**anicoli.romanini@imed.edu.br**

**Marcele Salles Martins**

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo (UPF).

*Ph.D. student in the Postgraduate Program in Civil and Environmental Engineering, University of Passo Fundo (UPF).*

**arqmarcelesalles@gmail.com**

**Tháisa Leal da Silva**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED - PPGARQ-IMED.

*Professor of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of IMED - PPGARQ-IMED.*

**thaisa.silva@imed.edu.br**

**Lauro André Ribeiro**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED - PPGARQ-IMED.

*Professor of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of IMED - PPGARQ-IMED.*

**lauro.ribeiro@imed.edu.br**

Trajetória de uma experiência de autogestão habitacional de interesse social: reflexões quanto ao empoderamento da comunidade e soluções adotadas

*Trajectory of a self-management experience of low-income housing: reflections on community empowerment and adopted solutions*

#### **Caliane Christie Oliveira de Almeida**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED - PPGARQ-IMED.

*Professor of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of IMED - PPGARQ-IMED.*

**caliane.silva@imed.edu.br**

#### **Grace Tibério Cardoso**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED - PPGARQ-IMED.

*Professor of the Postgraduate Program in Architecture and Urban Planning of IMED - PPGARQ-IMED.*

**grace.cardoso@imed.edu.br**

## Resumo

Para minimizar o déficit habitacional no Brasil, o governo federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), alternativa para pessoas de baixa renda concretizarem o sonho de obter a casa própria. Em busca de realizar um sonho e constituir um espaço físico qualificado para a comunidade, um grupo de mulheres formou uma entidade não governamental e firmou parceria com uma Instituição de Ensino Superior para acompanhar a implementação de um loteamento de interesse social, com financiamento do PMCMV. No Rio Grande do Sul, diante de um cenário de déficit habitacional em torno de 170.500 domicílios (IBGE, 2010), o MCMV-Entidades configura-se como a segunda principal modalidade de concessão de moradias urbanas do Programa, totalizando 9.170 unidades habitacionais já entregues em todo o estado. Em Passo Fundo-RS, o Programa MCMV-Entidades (faixa 01) apresenta como principal ação o financiamento para a construção de 210 unidades habitacionais populares no Loteamento Canaã, viabilizado pela entidade organizadora Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”. O objetivo do presente artigo é identificar o papel e a importância dessa entidade, frente às questões inerentes ao Loteamento Canaã, no contexto da política habitacional autogestionada e dos movimentos sociais por luta por moradia e reforma urbana no Rio Grande do Sul. Portanto, o artigo descreve, analiticamente, a implantação de um loteamento de interesse social autogerido por uma entidade sem fins lucrativos (objeto empírico); explicita o enfrentamento de paradigmas nas soluções arquitetônicas e urbanísticas; e, por fim, ressalta a importância do empoderamento comunitário. São apresentadas, na análise dos resultados, algumas reflexões a respeito da autogestão, do empoderamento das comunidades na produção do espaço, da periferização, da homogeneidade e da possibilidade de futuras ampliações das habitações de interesse social.

**Palavras-chave:** Autogestão. Habitação de Interesse Social. Interesse Coletivo. Planejamento Habitacional. Programa Minha Casa Minha Vida.

## Abstract

To reduce housing deficit in Brazil, the Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) was created, an alternative to low-income people fulfill the dream of acquiring their own house. In the pursuit of this dream and to provide an improved physical space for their community, a women's group formed a non-governmental organization and has partnered with an institution of higher education, to monitor the implementation of a low-income housing development with public funding by PMCMV. In Rio Grande do Sul, towards a housing deficit scenario of around 170,500 households (IBGE, 2010), PMCMV-Entities program is the second leading modality of urban housing concession of the entire Program, totaling 9,170 housing units already delivered across the state. In Passo Fundo-RS, the MCMV-Entities Program (Class 01) presents as the main action financing for the construction of 210 housing units in the Canaã housing development, made possible by the organizing entity “Unidos Venceremos” Women's Group. The purpose of this article is to identify the role and importance this Group, facing issues inherent to the Canaã housing development, in the context of the self-managed housing policy and the social movements that struggle for housing and urban reform in Rio Grande do Sul. Therefore, the article analytically describes the implantation of a social interest housing development self-managed by a non-profit entity (empirical object); as well as interprets the confrontation of paradigms in the architectural and urbanistic solutions; and, finally, stresses the importance of community empowerment. The reflections regarding self-management, empowerment of communities in the production of space, peripheralization, homogeneity and future extension requirements of low-income housing are presented in the results.

**Keywords:** Self-Management. Low-Income Housing. Collective Interest. Housing Planning. Minha Casa Minha Vida.

## Introdução

Em linhas gerais, os primeiros programas e políticas públicas habitacionais do país assistiam a estratos sociais específicos, a exemplo dos trabalhadores urbanos assalariados atendidos pelas Caixas e Institutos de Aposentadorias e Pensões (CAPs/IAPs), a partir da década de 1930, e a população urbana e rural de baixa renda, sobretudo as famílias numerosas, no âmbito da Fundação da Casa Popular (FCP), a partir de 1946. Foi a partir da década de 1960, com a criação de uma estrutura institucional voltada às questões sociais, representada pelo Ministério do Bem-Estar Social, incluindo a subsecretaria de habitação e favela, que uma maior parcela da população passou a ser contemplada com as ações estatais no campo da moradia. Neste contexto foi delineada uma nova política habitacional brasileira, marcada pela criação do Sistema Financeiro de Habitação (SFH), cujo principal órgão era o Banco Nacional de Habitação (BNH). Por meio deles, outros setores da sociedade passaram a serem contemplados com o financiamento para compra e/ou construção de unidades habitacionais no país, a exemplo das entidades, que se conformam como grupos específicos da população, organizados em companhias habitacionais, cooperativas operárias, caixas hipotecárias de clubes e/ou associações militares.

No cerne da política habitacional federal do Minha Casa, Minha Vida (MCMV) – Entidades esta prática foi intensificada no Brasil. O Programa foi outorgado por meio da Lei n.11.977 de julho de 2009 e atende aos beneficiários reunidos em entidade organizadora, na figura de pessoa jurídica, representada por associação, entidade privada sem fins lucrativos, cooperativa habitacional ou mista, com renda familiar mensal de até R\$ 1.600 (mil e seiscentos reais). Tem como foco principal o atendimento das necessidades básicas de habitação da população de baixa renda das áreas urbanas brasileiras, por meio da concessão de moradias dignas em se tratando essencialmente dos padrões mínimos de higiene, habitabilidade e segurança.

De 2009 a 2013, o MCMV-Entidades – em sua chamada Faixa 01 – foi responsável pela concessão de aproximadamente 17.000 moradias do universo de 1,7 milhões de unidades habitacionais entregues pelo Programa em todo o país (RIZEK et al, 2014). No tocante aos demais subprogramas que atendem a Faixa 1 do Programa MCMV (Empresarial e Oferta Pública de Recursos), a atuação do Entidades corresponde a 2,3% dos contratos já firmados e a 2,5% dos recursos aportados para toda a Faixa 1 (CAMARGO, 2016; 2017). Apesar deste “ínfimo” impacto no déficit de moradias do país, o MCMV-Entidades representa significativas mudanças da política urbana e habitacional brasileira, bem como o fortalecimento de movimentos sociais voltados aos direitos de moradia. Tal cenário vai na contramão do processo de financeirização da produção de moradias e, conseqüentemente, da cidade; ao não se encaixar nos modelos de interesse de mercado, como colocado por Maricato (2016).

No Rio Grande do Sul, diante de um cenário de déficit habitacional em torno de 170.500 domicílios (IBGE, 2010), o MCMV-Entidades configura-se como a segunda principal modalidade de concessão de moradias urbanas do Programa, totalizando 9.170 unidades habitacionais já entregues em todo o estado. Vale ressaltar, que o Rio Grande do Sul se conforma como o segundo estado do país, estando abaixo somente de São Paulo, em se tratando da representatividade desta modalidade (MENEZES, 2016). No município de Passo Fundo, localizado no noroeste do estado sul-riograndense, o Programa MCMV-Entidades (faixa 01) apresenta como principal ação o financiamento para a construção de 210 unidades habitacionais populares no Loteamento Canaã,

viabilizado pela entidade organizadora denominada de Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”, em parceria com Instituição de Ensino Superior (IES), mediante um convênio de ensino, pesquisa e extensão.

O objetivo do presente artigo é identificar o papel e a importância da entidade Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”, frente às questões inerentes ao Loteamento Canaã em Passo Fundo, no contexto da política habitacional autogestionada e dos movimentos sociais por luta por moradia e reforma urbana no Rio Grande do Sul. Assim, o artigo descreve, analiticamente, a implantação de um loteamento de interesse social autogerido por uma entidade sem fins lucrativos (objeto empírico); explicita o enfrentamento de paradigmas nas soluções arquitetônicas e urbanísticas; e, por fim, ressalta a importância do empoderamento comunitário.

## Soluções arquitetônicas e urbanísticas adotadas na produção de HIS

O caso específico do loteamento Canaã em Passo Fundo, possibilita algumas reflexões. Abre espaço para indagações acerca do papel das entidades sociais na produção do espaço e na promoção da qualidade de vida da população. Nesse sentido, convém saber quão longe essas entidades podem chegar e como obtêm sucesso sem se atrelarem, diretamente, ao poder público, bem como em que medida elas podem qualificar a prática de seus processos quando acontece a interação entre os diversos agentes envolvidos na produção do espaço urbano.

Por outro viés, o caso mostra que a perpetuação de soluções urbanísticas periféricas e de soluções arquitetônicas homogêneas, sem o planejamento de ampliações, observadas em empreendimentos habitacionais diretamente promovidos pelo Estado, caracterizam um *modus operandi* de difícil alteração e que precisa ser enfrentado. Vale frisar que, apesar da experiência passofundense ter sido promovida por uma entidade, que poderia usufruir de mais liberdade na correção de soluções equivocadas, os problemas persistiram. Para além disso, são percebidos alguns avanços nesta experiência, que representam potencialidades para a melhoria progressiva das soluções arquitetônicas e urbanísticas adotadas na provisão de HIS no Brasil.

Quanto às soluções urbanísticas adotadas na produção de HIS promovidas pelo PMCMV, é possível constatar que: (i) o Estado influencia na localização das habitações sociais na cidade. Como afirma Maricato (2009, p. 42), as novas centralidades urbanas são o “resultado de um pacto entre o capital imobiliário e aplicação dos fundos públicos”, estimulando e reiterando a exclusão socioespacial (MARICATO, 2009; ROLNIK et al., 2015); (ii) o Estado abdica dos instrumentos legislativos do Estatuto da Cidade de regulação do uso do solo, de correção das distorções de ocupação do solo e de controle da especulação imobiliária (MINEIRO; RODRIGUES, 2012; LAGO, 2004; NISILDA et al., 2015; CARVALHO; STEPHAN, 2016); (iii) os empreendimentos habitacionais do PMCMV são implantados nas áreas periféricas das cidades (NISILDA et al., 2015; CARVALHO; STEPHAN, 2016); (iv) a maior ou menor acessibilidade a esses empreendimentos habitacionais é proporcional à faixa de renda salarial dos moradores a que eles se destinam (SILVA; TOURINHO, 2015), destacando, mais uma vez, a segregação socioespacial. Assim, embora a população adquira uma unidade habitacional melhor que a anterior, suas condições de acessibilidade são consideradas piores (CARVALHO;

STEPHAN, 2016); e (v) o Estado institui a ZEIS, porém, como Lago (2004, p. 27) ressalta, esse instrumento carrega “princípios contraditórios”, podendo contribuir para a segregação e diferenciação de classes sociais.

A condição de morar na periferia é entendida, geralmente, como algo inevitável. Como menciona Carlos (2008, p.134), “o homem vive onde ele pode morar, e onde pode morar será determinado pela renda que recebe e pelos sacrifícios que ele pode fazer”. Já Mattoso (2010, p. 38) compreende essa condição e o afastamento das facilidades urbanas não como uma falta de oportunidades, mas como uma opção do indivíduo. Para chegar a tal conclusão, ele toma como exemplo o fato de que a expansão dos subúrbios no Rio de Janeiro não foi necessariamente “através da força ou da autoridade da administração política, mas sim por ter [o indivíduo] optado por esta região, em muitos casos, pela acessibilidade aos terrenos e aluguéis mais baratos”.

A segregação por meio da construção de bairros populares periféricos, exaltando a exclusão social, é uma das principais críticas ao PMCMV feita por entidades do movimento social. Segundo Mineiro e Rodrigues (2012, p. 33), “instrumentos construídos coletivamente e presentes no Estatuto da Cidade não têm tido chance de serem implementados diante da voracidade da especulação imobiliária e da falta de intervenção do poder público”. A segregação resultante deste modelo afeta a relação entre as pessoas, reduzindo a possibilidade de convívio entre classes sociais distintas. Para Gonçalves (2002), o abandono e o desequilíbrio da paisagem urbana brasileira ocorrem, principalmente, em decorrência da inatividade e/ou da omissão do Estado no desenvolvimento de políticas que visem à superação da segregação das diferentes classes sociais.

Em relação às soluções arquitetônicas adotadas na produção de HIS promovidas pelo PMCMV, são observados os seguintes aspectos: (i) a produção habitacional financiada pelo PMCMV caracteriza-se por habitações com área dentro dos parâmetros mínimos indicados pela Caixa (2012); e (ii) a necessidade de ampliação das HIS é algo inevitável desde o início da ocupação. Na grande maioria das vezes, essas ampliações são efetuadas pelos próprios moradores, sem a orientação de um profissional. Sublinha-se que a busca pela ampliação acontece devido ao grande número de HIS com dimensões mínimas, insuficientes no que diz respeito ao dimensionamento de cada compartimento, ora seguindo um programa de necessidades básico completo (lista funcional de compartimentos completa) e de acordo com o tamanho da família beneficiada, ora com base em um programa de necessidades incompleto (lista funcional incompleta). A falta de flexibilidade interna em relação às mudanças da família ao longo do tempo também é outro aspecto que pode ser apontado neste sentido.

O projeto de moradia sem previsão de expansão, ainda que justificado pelo desconhecimento das necessidades e do perfil do morador (BENEVENTE, 2002), pela padronização de soluções espaciais, pela falta de retroalimentação do conhecimento sobre habitação na prática projetual, pelo fato de certas famílias possuírem renda compatível apenas com o programa de construção mínima totalmente financiado, pela urgência da execução da obra, quando as famílias precisam optar pelo projeto de construção mínima, a fim de não perderem o direito ao lote disponibilizado por órgãos públicos (KOWALTOWSKI, 2003), acaba gerando diferentes problemas no momento em que é efetuada a ampliação, tais como: (i) pequena melhoria do nível de conforto dos moradores com as alterações (KOWALTOWSKI et al., 1993, 1995; FISCHER; SANTOS, 2003; SZÜCS, 2004); (ii) desperdício de materiais e aumento do tempo de construção (BITTENCOURT, 2006); (iii) soluções espaciais inapropriadas (BITTENCOURT, 2006) e/ou readequações irregulares (SZÜCS, 2004); e (iv) subdimensionamento ou superdimensionamento dos compartimentos (SZÜCS, 2004).

## A trajetória da autogestão empoderada do Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos” e as características de implantação do Loteamento Canaã

O Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos” é uma entidade não governamental que desenvolve projetos sociais no bairro Leonardo Ilha, em Passo Fundo, há mais de 10 anos. A principal ação dessa entidade de autogestão é a implantação, em duas fases, do loteamento Canaã, totalizando a ocupação de uma área adquirida de 94.935,93m<sup>2</sup>, subdividida em 210 lotes/HIS (Figura 1).

O contexto de construção do mencionado loteamento e das habitações faz parte de um novo modo de operar e de solucionar os problemas urbanos, constituído com base na ideia de uma sociedade mais proativa, empoderada e independente do poder público.

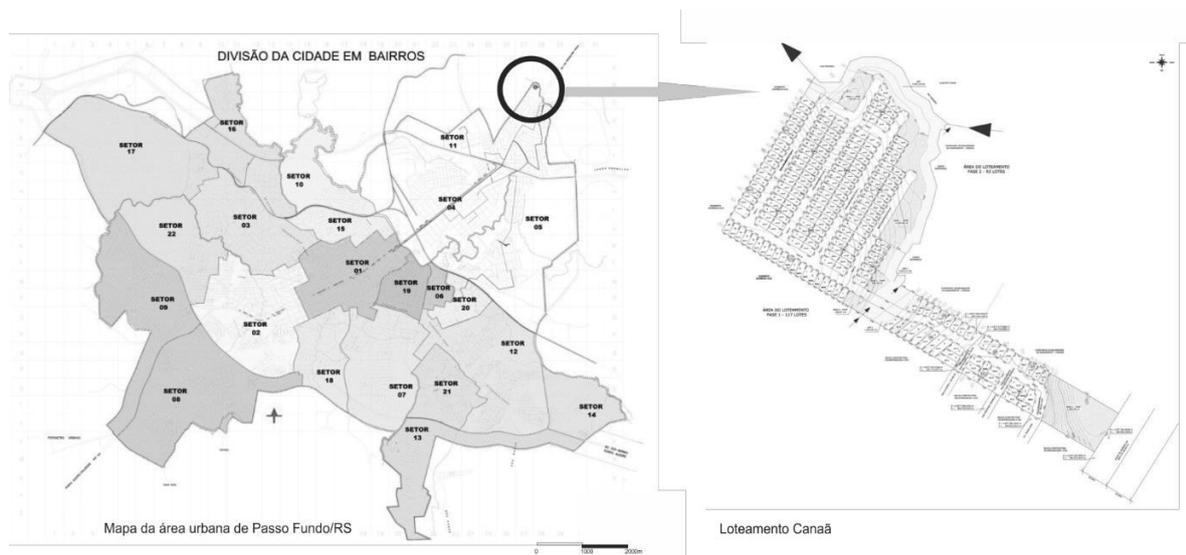


FIGURA 1 – Localização do futuro loteamento Canaã, Passo Fundo, RS, Brasil.

Fonte: Mapa base de Passo Fundo da Prefeitura Municipal e Mapa do loteamento Canaã do Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”. Modificado pelos autores, 2016.

O termo empoderamento, tradução literal do inglês empowerment, é aqui entendido como reconhecimento do poder da sociedade para autogerir empreendimentos e produzir o espaço. Passou a ser utilizado a partir dos anos de 1970, para dar destaque à participação e organização comunitária, fazendo parte dos primeiros trabalhos que buscaram relacionar poder e pobreza. Historicamente, seu caminho passa pela ideia de libertação das práticas sociais injustas e opressivas. Por esse pequeno histórico, nota-se que a conceituação do termo é complexa, estando fundamentada em distintas áreas do conhecimento e com raízes nas lutas por direitos civis originadas nos países desenvolvidos no século XX (LIMA, 2008).

Apesar de possuir características de prática empoderada, alguns problemas persistem na experiência analisada, como a periferização, a qual é amenizada pelo fato dos futuros moradores já habitarem numa área próxima ao empreendimento. O loteamento Canaã localiza-se num dos limites do perímetro urbano de Passo Fundo. O impacto

que essa localização pode vir a gerar nas famílias que ali se assentarão talvez não seja tão alto, uma vez que a grande maioria de seus futuros moradores (63%) é proveniente dos dois bairros vizinhos (Leonardo Ilha, 37%, e São José, 26%) ou de outras localidades periféricas da malha urbana. O bairro Leonardo Ilha compreende uma extensão do bairro São José, e, por sua vez, o novo loteamento Canaã abrange uma extensão do bairro Leonardo Ilha. Muitos dos futuros moradores do novo loteamento têm conhecimento de seus arredores e dão preferência ao espaço físico de seu futuro bairro, pois estão a ele familiarizados, além de receberem motivação da organização comunitária já existente.

A autogestão habitacional é uma manifestação de empoderamento comunitário e diz respeito, de acordo com Mineiro e Rodrigues (2012, p. 21), ao fato da própria comunidade gerir o processo da produção de sua habitação, envolvendo “[...] a definição do terreno, do projeto, da equipe técnica, da forma da construção, compra de materiais, contratação da mão de obra, organização do mutirão, prestação de contas e organização da vida comunitária”.

O lançamento dos programas federais de financiamento habitacional fez com que o planejamento informal protagonizado por entidades sociais emergisse ainda mais. Corroborou, para tanto, instrumentos legislativos como o Estatuto da Cidade que, ao mesmo tempo, exigiu a organização do planejamento urbano no nível municipal. Assim, foi requerida, por exemplo, a construção de planos diretores municipais fundamentados nos mecanismos já mencionados, a fim de que o município se tornasse apto a solicitar recursos financeiros em diversos campos de atuação. Foram abertos financiamentos exclusivos do PMCMV para entidades sociais sem fins lucrativos. Mineiro e Rodrigues (2012, p. 43) ressaltam que “o reconhecimento das entidades populares como agentes promotores dentro da política nacional de habitação é, sem dúvida, uma conquista dos movimentos populares”.

O Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos” se candidatou ao PMCMV na modalidade entidades, obtendo financiamento para provisão habitacional. Foi o primeiro grupo a ser contemplado nessa modalidade no país. Sua trajetória é apresentada na Figura 2.



FIGURA 2 – Linha do tempo de atuação do Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

## Metodologia da interface entre a Entidade e IES e das ações efetuadas para a qualificação dos processos e projetos

A Figura 3 apresenta as principais ações desenvolvidas pela IES para o Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”. O convênio, firmado em 2011, abrange ações de ensino, pesquisa e extensão. No viés da pesquisa, tem-se o projeto “Arquitetura Sustentável de Interesse Social”, aprovado por órgão de fomento público. A extensão foi feita por intermédio do Escritório Modelo da IES e, na vertente do ensino, foram realizadas atividades aplicadas nas disciplinas de planejamento urbano e regional e de HIS. No que concerne a esse último aspecto, as principais atividades conduzidas foram:

- (i) Aplicação de formulário com questões objetivas e entrevista semiestruturada junto a 150 das 210 famílias dos futuros moradores do loteamento Canaã, com o objetivo de traçar o perfil socioeconômico, definir suas preferências quanto às futuras ampliações das HIS e de produzir tipologias habitacionais e urbanas;
- (ii) Elaboração de projeto arquitetônico de HIS, incorporando tanto a possibilidade futura de ampliações dimensionais quanto um projeto de arquitetura de interiores;
- (iii) Elaboração de projeto urbanístico para qualificar o sistema viário do futuro loteamento;
- (iv) Elaboração do projeto do centro comunitário;
- (v) Realização da atividade “Leitura comunitária: senso de comunidade, expectativas e prioridades”, com 300 moradores das 210 famílias, a partir da qual se buscou reforçar o vínculo comunitário entre as famílias que irão morar no loteamento Canaã e sistematizar suas percepções e expectativas quanto ao espaço urbano compartilhado.

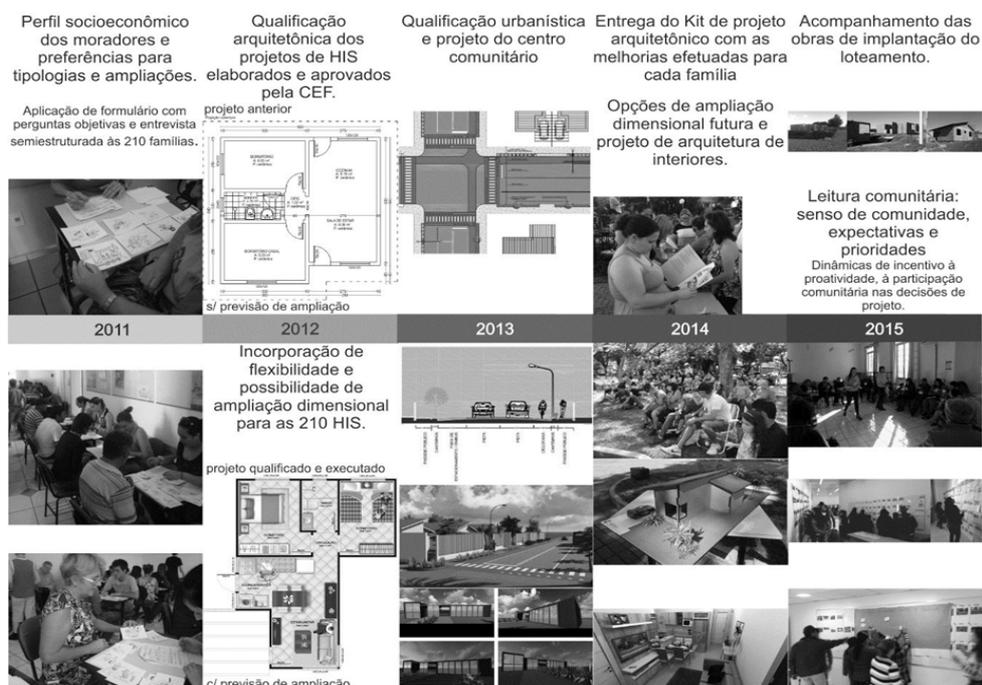


FIGURA 3 – Linha do tempo da parceria com a Instituição de Ensino Superior.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Inicialmente os acadêmicos, supervisionados pelos pesquisadores da IES parceira, aplicaram um formulário aos futuros moradores do loteamento Canaã. O formulário continha questões objetivas relacionadas aos dados socioeconômicos dos entrevistados e uma entrevista semiestruturada baseada na técnica de Preferência Declarada (PD) acerca do bairro, da residência e das tipologias habitacionais. O estudo do PD consistiu em apresentar um conjunto de opções aos entrevistados, isto é, alternativas viáveis, chamadas por Ortúzar e Willumsen (2011) de alternativas tecnologicamente possíveis, das quais uma deveria ser escolhida por eles. As escolhas identificavam os atributos preferidos ou de maior importância para os entrevistados (BRANDLI; HEINECK, 2005). Elas conformavam, portanto, um conjunto de opções possíveis, porém ainda hipotéticas. Os dados hipotéticos utilizados no experimento conservavam características realistas, ou seja, podiam ser facilmente imaginados. Desse modo, eles permitiam investigar a preferência do respondente em relação aos compartimentos que poderiam ser acrescidos à residência padrão, como dormitório, garagem, lavanderia, sala para comércio e cozinha.

Entre esses diferentes tipos de PD, o estudo optou pelo método de ordenação das alternativas (ranking), de mais fácil entendimento para o entrevistado, uma vez que consiste em apenas ordenar um conjunto de alternativas – algo que, no caso em questão, é mais adequado que avaliar as alternativas uma a uma, atribuindo-lhes valor. Tendo em vista o contexto da aplicação, decidiu-se pelo desenvolvimento de cartões ilustrados como instrumento de coleta de atributos preferenciais. Os cartões funcionaram como uma ferramenta prática de visualização dos atributos considerados na pesquisa. Eles foram apresentados aos entrevistados e deveriam ser ordenados de acordo com as suas ordens de preferência. Para que os entrevistadores registrassem as preferências dos futuros moradores durante a aplicação dos cartões ilustrados, concebeu-se uma folha de coleta de dados.

Referente à descrição das etapas de modificação dos projetos, em especial do arquitetônico, já havia um projeto de HIS aprovado pela CEF, com área total de 45,63m<sup>2</sup> por unidade, elaborado por um engenheiro civil contratado pela entidade. Foi proposto pelo grupo de pesquisa da IES parceira, um novo projeto que incorporasse os princípios da habitação evolutiva, com a possibilidade de futuras ampliações dimensionais. Houve um consenso em relação à necessidade de alteração do projeto por parte tanto dos líderes da entidade quanto do engenheiro autor, assim que eles compreenderam a importância de se considerar o futuro pós-ocupação das HIS. A CEF, para aprovar tal alteração, solicitou que a nova proposta não ultrapassasse 45,63m<sup>2</sup> de área total. Com isso, foi elaborado um projeto respeitando essa área e, ao mesmo tempo, um formato e uma disposição dos compartimentos capaz de viabilizar ampliações futuras, principalmente das partes escolhidas pelos moradores durante a entrevista semiestruturada.

Nas atividades de leitura comunitária, a metodologia foi composta por dinâmicas de participação comunitária, nas quais os moradores foram estimulados a assumir o papel de protagonistas na construção do espaço coletivo do loteamento. Eles também foram motivados a externar seus anseios e receios, suas expectativas e preferências, criando, desse modo, um momento de troca de sensações e de compartilhamento de emoções, em busca de congruências entre os futuros moradores, principalmente dos futuros vizinhos. A ideia era conferir um encontro que permitisse a manifestação de cada um deles, numa espécie de contraponto às reuniões tradicionais, nas quais eles normalmente participam como ouvintes e receptores de informações relacionadas à burocracia de implantação do loteamento, à infraestrutura geral do projeto e à construção das habitações, dependentes, como se sabe, de financiamento público.

Nesta atividade foram realizadas três dinâmicas: (i) “Vamos nos Conhecer – Troca de Crachás”; (ii) “Basquete dos Desejos – O que queremos e o que não queremos para o bairro?”; e (iii) “Dotmocracy – O que poderemos ter no bairro?”. Os resultados dessa atividade foram publicados em 2016 (MUSSI, 2016).

## Loteamento Canaã: perfil socioeconômico dos moradores, preferências, qualificação arquitetônica das HIS e qualificação urbanística do empreendimento

O formulário aplicado aos futuros moradores do loteamento Canaã teve como objetivo conhecer o perfil socioeconômico das famílias e analisar o grau de importância que cada indivíduo dá para os ambientes de sua residência, quando pretende realizar melhorias e ampliações do local onde vive.

Quanto ao perfil socioeconômico da população, foi constatado que ele é composto principalmente por mulheres (71%), as quais são também responsáveis pelo contrato da residência. Isso ocorre, primeiramente, em função da iniciativa advir de um grupo formado, ao menos originariamente, apenas por mulheres. Como o projeto se desenvolveu rapidamente, com o aparecimento de um grande número de interessados, os homens passaram a integrar o grupo. Essa grande diferença percentual também sugere que as mulheres estão organizando-se e criando, conforme suas necessidades, uma maior independência quanto às ações direcionadas para uma melhor qualidade de vida, que, em condições favoráveis e com a organização comunitária, concretiza-se com mais facilidade.

Concerne à escolaridade, a maioria dos respondentes possui baixo nível escolar. Os maiores percentuais são de pessoas com Ensino Médio completo (28%), seguidos daquelas com ensino fundamental incompleto (27%). Quanto à idade do responsável pela assinatura contratual do projeto da HIS, observa-se que 42% dos entrevistados possuem entre 21 e 30 anos de idade e 24%, entre 31 e 40 anos. Por meio dessa apuração, é perceptível que, consideradas as condições favoráveis (econômicas e sociais), as pessoas estão buscando adquirir, cada vez mais cedo, uma moradia própria.

Os dados levantados demonstram, ainda, que 40% dos entrevistados são casados, 39% solteiros e 19% divorciados. Nesse sentido, aproximadamente 60% da população que irá residir no loteamento é composta por pessoas sem vínculo matrimonial.

No que tange à ocupação das unidades, os dados mostram que muitas delas são resididas por 6 pessoas (29%), 5 (24%) ou 4 (19%). Esses números ratificam a importância e a necessidade da construção evolutiva para esta comunidade. Também foi questionado se as famílias possuem algum membro da família com algum tipo de deficiência física ou mental. A esse respeito, é pouco expressiva a parcela de respondentes que precisam de adaptações nos projetos para que tenham mais conforto e acessibilidade (8%).

Com relação à renda familiar, confirmou-se que a maior parte da população possui renda de 1 a 2 salários mínimos, estando de acordo com a política de financiamento do PMCMV para aquisição da HIS.

Quanto ao nível de importância do compartimento a ser ampliado na futura residência – dado obtido por meio dos cartões ilustrados de dormitório, garagem, lavanderia, sala para comércio e cozinha – a garagem obteve, em quase a totalidade dos respondentes, o primeiro lugar de preferência. A lavanderia apareceu como prioridade na ampliação na terceira ordem de preferência, seguida pela cozinha e, depois, pela sala de comércio.

A partir do projeto arquitetônico inicial, foram desenvolvidas adequações, de modo a contemplar as preferências da população e a possibilidade de ampliações futuras. Logo, foi proposto um projeto base, com sala de estar, cozinha e lavanderia conjugadas, um banheiro e dois dormitórios, distribuídos em 45,63m<sup>2</sup> (Figura 4a).

Os compartimentos dormitório, cozinha e sala de comércio serão, conforme o projeto proposto, implantados (Figura 4b) sem a utilização das divisas. Tal solução foi adotada a partir de outra constatação da pesquisa: que a maioria dos respondentes prefere a casa isolada no lote. A garagem utilizará o espaço lateral frontal da edificação, que será apenas coberto. O projeto contendo a ampliação, tanto do dormitório quanto da cozinha, totaliza 55,18m<sup>2</sup> de área construída, e com ampliação de sala de comércio, totaliza 66,30m<sup>2</sup>. Em ambas as propostas, a garagem possui 15m<sup>2</sup>.

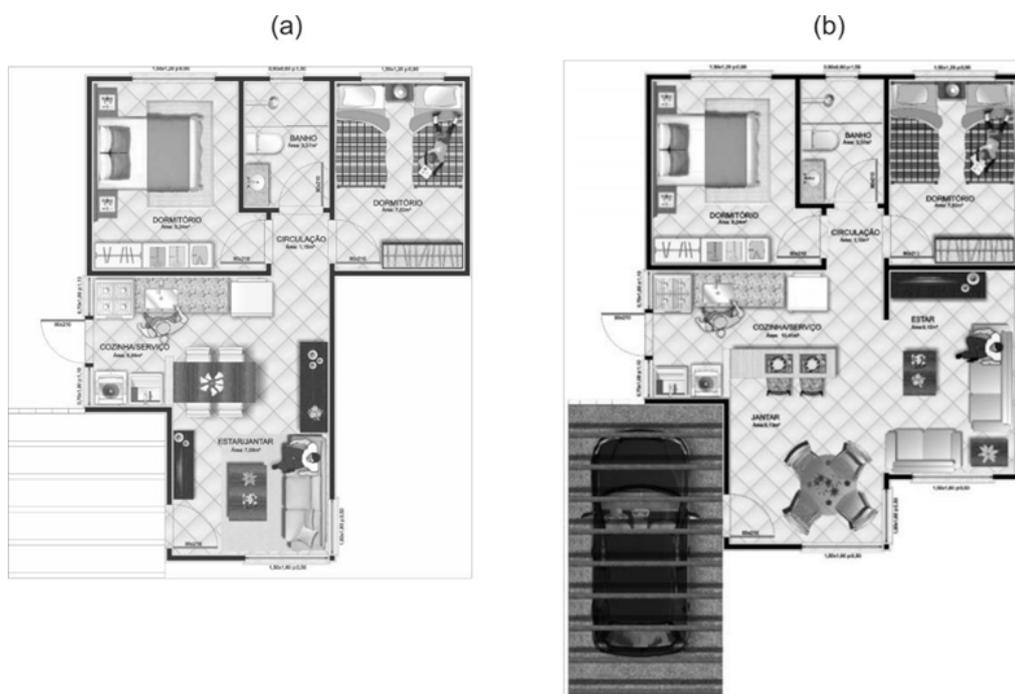


FIGURA 4 – (a) Projeto base da HIS e (b) Projeto com ampliação da garagem e dormitório do tempo da parceria com a Instituição de Ensino Superior.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

## Considerações Finais

As soluções arquitetônicas e urbanísticas observadas na implementação do loteamento Canaã, bem como na maioria das ocupações urbanas distribuídas pelo Brasil e naquelas que são financiadas pelo PMCMV merecem uma reflexão, particularmente sobre os motivos que conduzem às características de periferização e homogeneidade tipológica. A partir da análise do caso estudado, podem ser elencadas algumas explicações para cada uma dessas situações:

(i) Concentração dos 210 lotes e HIS em uma mesma gleba. Isso se relaciona com a facilidade de gerenciamento do processo de aquisição da gleba. De fato, foram necessárias somente dos processos de compra, diminuindo a burocracia na transação imobiliária de uma área total de 94.935,93m<sup>2</sup> (área I, com 49.978,13m<sup>2</sup>, e área II, com 44.957,80m<sup>2</sup>). Essas circunstâncias contribuíram para a autogestão na execução e na fiscalização do empreendimento;

(ii) Implementação do loteamento num dos limites do perímetro urbano da cidade de Passo Fundo, RS. Apesar de algumas pessoas relatarem que estão receosas quanto à segurança em função da localização afastada do centro da cidade, para as famílias (63%) que já coabitam com seus parentes ou alugam casas nos bairros do entorno, esse fato não gerará impacto significativo, sendo essa condição de localização até mesmo um atenuante em sua nova área de moradia. Um dos motivos para essa postura é a proximidade com o local de moradia anterior, algo que é tomado como uma diretriz em reassentamentos de ocupações em áreas de risco, de forma a garantir, por exemplo, que as pessoas não percam relações sociais e de pertencimento estabelecidas na localidade original. Outras razões podem ser elencadas: proximidade com os bairros São José e Leonardo Ilha, onde o Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos” possui sua origem de atuação, e a oferta de glebas de grandes dimensões. Rolnik e outros autores (2015, p. 128) mencionam que o PMCMV é inovador na provisão de habitação acessível para a população de baixa renda, todavia, não deixam de mostrar que tal programa tem negligenciado o “enfrentamento da segregação socioespacial”. Esses autores também afirmam que “os empreendimentos do PMCMV vêm sendo implantados em áreas periféricas, porém contíguas à malha urbana preexistente” (ROLNIK et al. 2015, p. 128). Essas áreas possuem características de infraestrutura e de dinâmica urbana mais favoráveis que aquelas produzidas na época do BNH (Banco Nacional da Habitação);

(iii) Homogeneidade tipológica das HIS e nas implantações das HIS no lote x HIS personalizada, flexível e ampliável. Houve limitações para se quebrar o paradigma da HIS mínima, reproduzida em massa na implementação do loteamento Canaã. Como esse loteamento é autogestionado, não há a busca por lucro, o que serve de justificativa para que as construtoras reproduzam “à exaustão, o mesmo projeto ‘carimbo’ das poucas tipologias existentes, geralmente em localizações periféricas” (NISILDA et al., 2015, p. 66). Entretanto, a necessidade de redução de custos é uma preocupação constante dos líderes do Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”. Com isso, os pesquisadores da IES parceira tiveram limitantes para a proposição da nova HIS, seja para manter a área original a fim de evitar entraves burocráticos de aprovação do projeto junto a CEF, seja para permitir a compra em escala dos materiais construtivos; o que inviabilizou variações de materiais. Com a justificativa de facilitar a execução, foi igualmente difícil a negociação da variabilidade na implantação das HIS no lote.

As ações aqui apresentadas, em particular as que culminaram na implementação do loteamento Canaã de interesse social, foram audaciosas, alcançando um impacto

social e um modus operandi não antes previstos. Essa experiência pode servir de inspiração para muitas outras entidades sociais, as quais podem vir a buscar redes de colaboração e a fazer parcerias com outras instituições, como as IES, com o objetivo de solucionar problemas urbanos que antes não eram enfrentados.

No caso analisado, a atuação da IES parceira contribuiu para a qualificação arquitetônica da HIS e ofereceu aos futuros moradores a possibilidade de ampliar suas habitações; o que não seria possível sem perda de adequabilidade ambiental e/ou desperdício de materiais, se fosse seguido o projeto de HIS inicialmente proposto. Outro ganho observado foi o progresso no processo de autogestão habitacional. Os beneficiários, com as dinâmicas de leitura empregadas, tornaram-se mais proativos e participativos nas decisões do projeto (KATTEL, ELKADI, MEIKLE, 2013).

## Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Meridional, ao Grupo de Mulheres “Unidos Venceremos”, ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da IMED Campus Passo Fundo - PPGARQ-IMED e a toda equipe de pesquisadores, coordenadores, bolsistas e estagiários do projeto de pesquisa Arquitetura Sustentável de Interesse Social.

## Referências

BENEVENTE, V.A. **Derivações da avaliação pós-ocupação (APO) como suporte para verificação da aceitação de propostas habitacionais concebidas a partir de soluções espaciais e tecnológicas não usuais**. Estruturas Ambientais e Urbana – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2002. Tese de Doutorado.

BITTENCOURT, R. M. Transformações ocorridas nas habitações do conjunto habitacional da COHAB – Guaratinguetá/SP, detectadas por levantamento fotográfico. In: **II Congresso Brasileiro e I Iberoamericano sobre Habitação Social**. Florianópolis: UFSC, 2006.

BRANDLI, L.L.; HEINECK, L.F.M. As abordagens dos modelos de preferência declarada e revelada no processo de escolha habitacional. **Ambiente Construído**, v.5, n.2, p.61-75, 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Brasília, DF: Senado, 2001.

CAMARGO, Camila Moreno de. MCMV Entidades: outras interações reguladoras pelo mercado. In: **XVII ENANPUR – Desenvolvimento, Crise e Resistência: quais os caminhos do planejamento urbano e regional?** São Paulo, 2017. Anais do evento. 19p.

CARLOS, A. F. A. **A (re)produção do espaço urbano**. São Paulo: Edusp, 2008.

CARVALHO, A. W.; STEPHAN, I. I. Eficácia social do Programa Minha Casa Minha Vida: discussão conceitual e reflexões a partir de um caso empírico. **Cadernos MetrÓpole**, São Paulo, v. 18, n. 35, p. 283-307, abril 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3513>

FISCHER, S.; SANTOS, A. dos. Diretrizes de projeto arquitetônico para permitir a expansão de habitações de interesse social. In: **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, III SIBRAGEC**, UFSCar: São Carlos, 2003.

GONÇALVES, F. M. **Discussões sobre o papel dos espaços livres públicos nos bairros de elite contemporâneos. Paisagem Urbana**, São Paulo, n. 15, p. 9-33, dez. 2002.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo 2010**. Passo Fundo: Agência Regional de Passo Fundo, 2011.

KATTEL, G. R.; ELKADI, H.; MEIKLE, H. Developing a complementary framework for urban ecology. **Urban Forestry & Urban Greening, Kusterdingen**, v. 12, n. 4, p.498-508, jan. 2013.

KATZ, P. **The New Urbanism, Toward an Architecture of Community**. Nova York: McGraw-Hill, 1994.

KOWALTOWSKI, D.; LABAKI, L. O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. In: **Anais do V ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, 1993. v. 2. p. 785-794.

KOWALTOWSKI, D.; PINA, S.; RUSCHEL, R.; OLIVEIRA, P. Uma Metodologia de Projeto Arquitetônico de Apoio à Autoconstrução. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais do ENTAC**. São Paulo, 1995, p. 289-294.

LAGO, L. C. dos. Os instrumentos da reforma urbana e o ideal de cidadania: as contradições em curso. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v.6, n.2, p. 27-34, novembro 2004. Disponível em: <http://unuhoopedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/rbeur/article/view/114/98>. Acesso em: 01 ago. 2016.

LIMA, R. dos S. **Os desafios da responsabilidade social empresarial na relação com o empowerment comunitário: um estudo de caso da favela do Jardim Colombo, na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MARICATO, E. Por um novo enfoque teórico na pesquisa sobre habitação. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, n. 21, pp. 33-52, 1º semestre 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/5954>

MARICATO, Ermínia. **Cortes no Minha Casa Minha Vida vão estimular precarização da moradia**. Acessado em setembro de 2017. Disponível em: <https://erminiamaricato.net/>

MENEZES, Daiane. A habitação de interesse social urbana e o Minha Casa Minha Vida no RS. **Carta de Conjuntura Fee: periódico on line**, Ano 25, n.04, 2016.

MINEIRO, E. H.; RODRIGUES, E. Do Crédito Solidário ao MCMV Entidades: uma história em construção. In: LAGO, L. C. do (Org.). **Autogestão Habitacional no Brasil: Utopias e Contradições**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2012. p. 19-45.

MUSSI, A. Q. Leitura comunitária do futuro loteamento Canaã: senso de comunidade, expectativas e prioridades. **Interações**, Campo Grande, v.17, n.4, p. 607- 620, 2016.

NISILDA, V. C. et al. A inserção urbana dos empreendimentos do programa minha casa minha vida na escala local: uma análise do entorno de sete conjuntos habitacionais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 63-80, agosto 2015.

RIZEK, Cibele Saliba; SANTO AMORE, Caio; CAMARGO, Camila Moreno de; CASTRO, Andrea Quintanilha de; PEREIRA, Rafael Borges; RODRIGUES, Daniela Perre; PEREIRA, Marina Barrio. A Inserção Urbana através da Produção do MCMV-Entidades no Estado de São Paulo: Abordagem Etnográfica de Casos Selecionados. In: **III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva**, São Paulo, 2014. Anais do evento. 23p.

Trajetória de uma experiência de autogestão habitacional de interesse social: reflexões quanto ao empoderamento da comunidade e soluções adotadas

*Trajectory of a self-management experience of low-income housing: reflections on community empowerment and adopted solutions*

ROLNIK, R. et al. O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 127-154, maio 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/18863>

ROLNIK, Raquel. Em tempo: o que esperar do novo Ministério das Cidades 2, acessado em setembro de 2017. Disponível em: <https://raquelrolnik.wordpress.com>.

SILVA, M. L.; TOURINHO, H. L. Z. O Banco Nacional de Habitação e o Programa Minha Casa Minha Vida: duas políticas habitacionais e uma mesma lógica locacional. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 17, n.34, pp. 401-417, novembro 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3405>

SZÜCS, C. P. **Sistema Stella-UFSC: Avaliação e Desenvolvimento de Sistema Construtivo em Madeira de Reflorestamento voltado para Programas de Habitação Social**. Relatório Final de Pesquisa. Florianópolis: Programa Habitare, 2004.

\_\_\_\_\_. Minha Casa Minha Vida Entidades: entre os direitos, as urgências e os negócios. São Carlos: Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU USP) (Tese de doutorado), 2016.

**DATA DA SUBMISSÃO DO ARTIGO: 11/06/2018 APROVAÇÃO: 30/07/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

ÍTALO ITAMAR CAIXEIRO STEPHAN

## Planejamento e gestão urbanos: um panorama das cidades intermediárias na Zona da Mata Mineira

*Urban planning and management: an overview of intermediate cities in the Zona da Mata Mineira, Minas Gerais, Brazil*

**Ítalo Itamar Caixeiro Stephan**

Professor Associado do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa (DAU/UFV). Atua na graduação em disciplinas de projeto, preservação e ética; na pós-graduação na disciplina Planejamento Urbano no Brasil, perspectivas e desafios.

*Associate Professor at the Department of Architecture and Urban Planning at the Federal University of Viçosa (DAU / UFV). Professor at the undergraduate courses in design, preservation, and ethics and in the postgraduate course in Urban Planning in Brazil, perspectives and challenges.*

**italostephan@gmail.com**

### Resumo

Este artigo trata de um panorama do planejamento e gestão das principais cidades de porte intermediário da Zona da Mata Mineira. Inicialmente apresenta uma caracterização da estrutura municipal e urbana da macrorregião. Identifica os centros mais importantes e analisa, nas doze cidades intermediárias, os problemas relacionados à expansão urbana. Levanta questões como a estrutura e os pontos frágeis do planejamento urbano praticado, a aplicação parcial da legislação urbanística e as condições de gestão territorial. Aponta as principais características e problemas dos planos diretores municipais, ressaltando a necessidade da implantação de um processo efetivo de condução do crescimento urbano e ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** Planejamento e gestão urbanos. Cidades intermediárias. Desenvolvimento urbano. Planos diretores. Zona da Mata de Minas Gerais.

### Abstract

*This article deals with an overview of the planning and management structure of intermediate size cities of the Zona da Mata, in Minas Gerais, Brazil. Initially it presents a characterization of the municipalities and the urban structure of the macro-region. Then it identifies the most important centers, and analyzes the twelve intermediate cities and the problems related to urban sprawl. It also raises issues such as the and urban planning structure, the weaknesses of practiced planning, the partial application of legislation and the conditions of territorial management. It points out the main characteristics and problems of the municipal master plans. Stresses, finally, the need to implement an efficient process to manage urban development and land use control.*

**Keywords:** Urban planning and management. Intermediate cities. Urban Development. Master plans. Zona da Mata of Minas Gerais, Brazil..

FIGURA 1 –Manhuaçu, bairro residencial, 2016.

Foto do autor.



## Introdução

Este texto trata de duas atividades essenciais, o planejamento e a gestão urbanas, que, por serem desenvolvidos de forma precária, estão se mostrando prejudiciais ao desenvolvimento das cidades. O texto é focado nas doze principais cidades da Zona da Mata Mineira, sendo, neste texto, adotado o termo “cidades intermediárias”, que apresentam uma realidade rica de relações construídas desde as origens de várias delas em decorrência das descobertas dos bandeirantes no século XVII e da dispersão da população que, para ela, se destinou com o esgotamento das minas. Posteriormente, nas últimas décadas do século XIX, houve uma significativa influência da cultura do café e das ferrovias, o que permitiu seu desenvolvimento. Essas cidades chegaram ao século XXI apresentando uma ampla diversidade de atividades econômicas, como indústrias alimentícias, têxteis e moveleiras. A mineração e a educação superior também desempenham importantes papéis na região. No entanto, estas cidades crescem de forma desigual e desordenada, comprometendo sua qualidade de vida e a sustentabilidade ambiental. O planejamento e a gestão urbana são praticados sem sintonia entre si. Apesar de contarem com planos diretores aprovados, elas já atravessaram os primeiros dez anos de existência sem a devida aplicação e com poucas ações no sentido de sua revisão. A legislação urbana está desatualizada, o quadro de recursos humanos é insuficiente e despreparado.

## Uma caracterização da Zona da Mata urbana

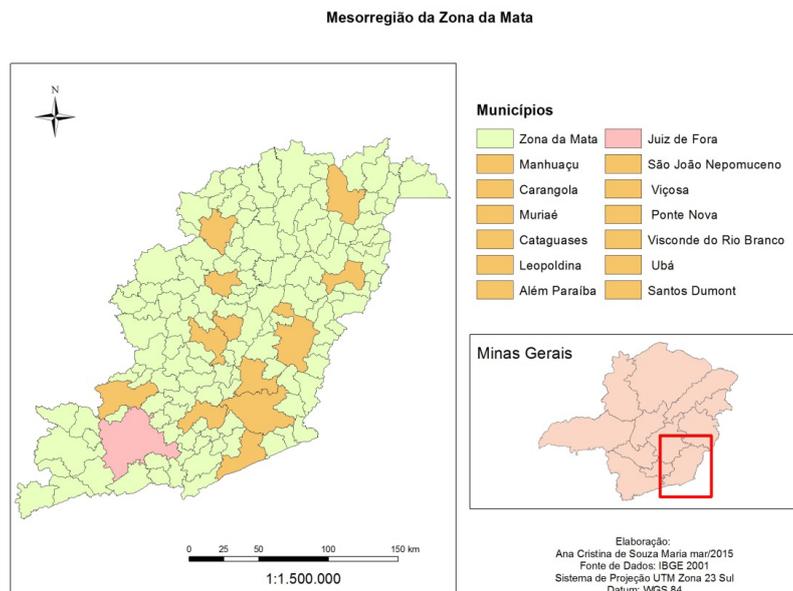
Para este trabalho, julgamos essencial fazer uma caracterização das cidades que exercem um papel de centros com uma maior ou menor influência em relação aos centros locais, termo criado por Milton Santos. Essa caracterização passa por aspectos demográficos, sociais e termina no aspecto focal deste capítulo, sendo motivo de preocupação o processo generalizado de urbanização, desconectado do planejamento e da gestão urbana.

A Zona da Mata tinha 2.175.254 habitantes em 2010, 10,67% da população do estado. É formada por sete microrregiões, com 142 municípios concentrados em uma área de 35.747 km<sup>2</sup>, 6% da área do estado, resultando numa densidade de 60 habitantes/km<sup>2</sup>.

As pequenas cidades da Zona da Mata Mineira podem estar num patamar inferior das relações urbanas, mas são pontos de comunicação com outros centros, sendo muito mais que loci da produção agrícola e da dependência econômica (Figura 2). É formada por centros de diversos portes, gerando uma trama de relações sociais e econômicas de grande importância, que chega a extrapolar os limites do estado, alcançando o Espírito Santo e o Rio de Janeiro.

**FIGURA 2 – Mapa da Mesorregião da Zona da Mata Mineira com seus centros intermediários.**

Fonte: Autor.



Para fazer sua caracterização, não podemos deixar de citar as fontes de informações plenamente acessíveis a qualquer pesquisador, como as Regiões de Influência de Cidades – REGIC, o Portal dos Municípios Brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o portal da Assembleia Legislativa de Minas Gerais e o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

Para os levantamentos da situação do planejamento e da gestão urbana, foram utilizados os sites das prefeituras e das câmaras municipais. Houve a colaboração de vários arquitetos e urbanistas direta ou indiretamente envolvidos com as administrações municipais.

Para Monte-Mor, “as cidades definem as formas de organização da população e a localização das atividades econômicas, referenciam identidades sociais e definem as várias formas de constituição comunitária” (MONTE-MÓR, 2006, p. 10). Para o autor, a Zona da Mata é uma representante da lógica urbano-industrial de uma urbanização que se estende

*além das cidades, integrando espaços rurais e regionais ao espaço urbano industrial mediante a expansão da base material requerida pela sociedade e pela economia contemporânea e as relações de produção que são (ou devem ser) reproduzidas pela própria produção do espaço (MONTE-MÓR, 2006, p. 10).*

Especializações produtivas emergiram conferindo às cidades funções diferentes, muitas das quais melhor as definem. Essas especializações geram centros que gravitam, por exemplo, em torno da indústria moveleira (Ubá, como centro do cluster); do ensino superior (Viçosa); da produção cafeeira (Carangola e Manhuaçu); e da prestação de serviços médicos especializados (Ponte Nova e Muriae).

Chega-se por fim ao planejamento e à gestão urbana como temas centrais deste texto. O planejamento urbano está desacreditado por muitos autores, políticos e téc-

nicos, sendo ainda desconhecido pela população e pouco praticado nesses centros. A Zona da Mata Mineira é uma região onde predominam cidades sem esgotos tratados, sem adequada disposição dos resíduos sólidos, onde as populações e as frotas de veículos se expandem e convivem com crescentes problemas e onde as classes sociais resolvem suas demandas habitacionais do jeito que podem.

O planejamento e a gestão urbana são, potencialmente, esquemas e ferramentas de promoção de mudança social positiva (desenvolvimento socioespacial e desenvolvimento urbano), contudo não são panaceias. No contexto da Zona da Mata, quando praticados, não passam de ações isoladas, conduzidas por setores separados, facilmente abandonados conforme as demandas de curto prazo. Quando ressuscitados, são vulneráveis aos curtos períodos dos mandatos e a qualquer mudança de interesse dos agentes econômicos mais poderosos, sendo ainda dependentes da escassa capacidade técnica e força política de indivíduos ou grupos muito reduzidos. Ermínia Maricato salienta “planejamento urbano para alguns, mercado para alguns, lei para alguns, modernidade para alguns, cidade para alguns” (MARI-CATO, 2000, p.125).

Os planos diretores, pela forma e ideologia como vêm sendo tratados, raramente têm atingido algum grau de sucesso. Para Flávio Villaça, em seu contundente texto “As ilusões do plano diretor”, os planos são ignorados pelos prefeitos, assim como pela população, que não vê neles possibilidades de defesa dos seus interesses. Para o autor, há apenas dois tipos de dispositivos em um plano: os que cabem ao setor público executar, o que não passa de um “mero cardápio”, e os que são compulsoriamente impostos ao setor privado, mas que só dizem respeito a uma minoria da sociedade (VILLAÇA, 1995, p. 92).

Para Ermínia Maricato, “a distância entre plano e gestão se presta ainda ao papel ideológico de encobrir com palavras e conceitos modernos [...] práticas arcaicas.” (MARI-CATO, 2000, p. 116). Para Rolnik:

***O Plano Diretor não é varinha de condão. Temos um modelo histórico predominante de planejamento de gestão da cidade, guiado pelo lucro imobiliário, extração de renda. Isso é um modelo hegemônico, as transformações têm que ser muito mais radicais, e não é no campo de um documento que isso acontece (ROLNIK, 2015, p.1).***

Deve-se incluir no texto, o papel do Estatuto da Cidade, peça legal que determinou uma fase em que o planejamento urbano deveria chegar a muitos municípios, principalmente através dos planos diretores. Sua entrada em vigor resultou, ao final do prazo estipulado, numa produção massiva de planos diretores e instrumentos urbanísticos considerados avançados, mas raramente aplicados. Há os que consideram o Estatuto da Cidade uma lei como outras tantas que não produziram o efeito estimado.

Tais aspectos serão analisados neste panorama do planejamento e gestão urbanos nas principais cidades da Zona da Mata mineira.

## Os centros urbanos da Zona da Mata Mineira

Foram estudadas doze cidades intermediárias da Zona da Mata Mineira. Os critérios da seleção para essa denominação foram dois. O primeiro critério diz respeito a centros caracterizados pelo IBGE como um degrau acima de centro local e população superior a vinte mil habitantes. Esse critério excluiu Raul Soares e Espera Feliz, 24.423 e 24.098 habitantes, respectivamente, considerados centros locais. O segundo critério excluiu Bicas, Rio Pomba e Bom Jardim de Minas, todos caracterizados como Centros de Zona B, mas com menos de vinte mil habitantes.

Foram identificados os municípios classificados pelo Regic /IBGE nas categorias acima dos centros locais, ou seja, Capital Regional B, Centro sub-regional A, Centro sub-regional B, Centro de zona A e Centro de zona B.

A Figura 3 apresenta a classificação dos centros urbanos da Zona da Mata com população acima dos vinte mil habitantes e suas posições no IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) no estado, cujos índices estão acima da média do estado de Minas Gerais (0,731).

FIGURA 3 – Centros regionais da Zona da Mata. Fontes: Regic/IBGE / Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil

Regic IBGE	Município	IDHM 2010	Posição do IDH em Minas Gerais
Capital regional B	Juiz de Fora	0,778	7º
Centro sub-regional A	Manhuaçu	0,689	296º
	Ponte Nova	0,717	141º
	Ubá	0,724	114º
	Muriaé	0,734	72º
Centro sub-regional B	Cataguases	0,751	39º
	Viçosa	0,775	11º
Centro de zona A	Além Paraíba	0,726	99º
	Carangola	0,695	259º
Centro de zona B	S. J. Nepomuceno	0,708	187º
	Leopoldina	0,726	102º
	Santos Dumont	0,741	58º
	Visconde do Rio Branco	0,709	182º

Os centros aqui estudados tiveram origens diferentes, mas o principal fator comum que impulsionou o desenvolvimento da região foi a construção das linhas férreas Leopoldina e a Estrada de Ferro Dom Pedro II, implantadas nas três últimas décadas do século XIX. As ferrovias impulsionaram ainda mais a produção de café, proporcionando seu escoamento para os grandes centros. Há apenas um trecho da ferrovia ainda utilizado para transportar bauxita de Cataguases até Três Rios. Posteriormente, chegaram as rodovias e houve uma diversificação da economia, Figura 3, com a criação da Universidade Federal de Viçosa e sua constante ampliação, a instalação e o fortalecimento do polo moveleiro liderado por Ubá e a ampliação da agroindústria, primeiramente a produção açucareira em Visconde de Rio Branco e Ponte Nova, posteriormente, a implantação de frigoríficos nestas mesmas cidades. A Figura 4 ilustra os principais setores econômicos das cidades intermediárias da Zona da Mata.

FIGURA 4 – Economia das cidades intermediárias da Zona da Mata Fontes: Planos diretores, Wikipédia, sites das prefeituras e da ALMG.

Economia das Cidades Intermediárias da Zona da Mata			
Município	Origens	Economia inicial	Economia predominante no Século XXI
Além Paraíba	Ferrovia	Minerais preciosos	Serviços
Carangola	Ferrovia	Café	Agricultura e pecuária
Cataguases	Rio / Ferrovia	Mineração	Indústria têxtil, metalurgia
Leopoldina	Ferrovia	Posto tropeiro e café	Mineração e serviços
Manhuaçu	Rio / Ferrovia	Café	Serviços, comércio e café
Muriaé	Ferrovia / Rodovia	Café	Serviços, serviços especializados de saúde e ensino superior, polo têxtil
Ponte Nova	Ferrovia	Açúcar	Serviços e suinocultura
Santos Dumont	Estrada Real / Ferrovia	Laticínios	Indústria
S. João Nepomuceno	Ferrovia	Mineração	Confecções
Ubá	Ferrovia	Posto tropeiro	Indústria de móveis, confecções e fruticultura
Viçosa	Ferrovia	Ensino superior	Ensino superior
Visconde do Rio Branco	Ferrovia	Açúcar	Indústria de alimentos e de móveis

Os municípios têm percentual de urbanização acima de 81%, sendo sete deles acima de 93%. Todos os municípios têm tido crescimento populacional concentrado nas suas áreas urbanas. Três municípios tiveram incremento populacional acima de 15% no período 2000-2010, tendo Muriaé e Ubá ultrapassado os cem mil habitantes, o que lhes daria, segundo o IBGE, a classificação de cidades de porte médio (Figura 5).

**FIGURA 5 – Evolução da população dos municípios da Zona da Mata Mineira**  
 Fontes: Perfil dos Municípios IBGE, IBGE@idades/Munic, ALMG.

Evolução da população dos municípios da Zona da Mata Mineira					
Cidade	População 2000	População 2010	Incremento período (%)	% Urbanização 2010	Estimativa população 2017
Além Paraíba	33.610	34.349	2,20	93	35.866
Carangola	31.921	32.296	1,17	81	33.559
Cataguases	63.980	69.757	9,02	96	75.025
Leopoldina	50.097	51.130	2,06	89,4	53.354
Manhuaçu	67.123	79.574	18,54	81	88.580
Muriaé	92.101	100.765	9,41	97,6	108.537
Ponte Nova	55.303	57.390	10,37	96,2	60.361
S. J. Nepomuceno	23.786	25.057	5,34	95	26.535
Santos Dumont	46.489	46.289	2,74	89,2	47.561
Ubá	85.065	101.519	19,34	95	113.300
Viçosa	64.854	72.220	11,35	93	78.381
Visc. do Rio Branco	32.598	37.942	15,12	82,7	41.932

A Figura 6 mostra as manchas urbanas características de cidades que surgiram e cresceram acompanhando os rios e depois em direção e ao longo das rodovias. Nota-se que nas cidades maiores as malhas são fragmentadas, especialmente com a construção de condomínios periféricos e granjeamentos na área rural, como ocorre em Muriaé, Viçosa e Ubá.

Os doze municípios somados alcançam uma população de 708.288 habitantes. (Projeção IBGE para 2017). Há uma diferença de 61.991 habitantes entre o censo de 2010 e a estimativa para 2017. A Figura 7 mostra que, entre 1991 e 2010, todas as cidades tiveram crescimento populacional. Viçosa e Ubá tiveram os maiores crescimentos no período, trocando de posição com outras cidades. Em Viçosa houve incremento do número de vagas na universidade federal e criação de faculdades particulares. Ubá cresceu fortemente pelo grande incremento de indústrias de móveis. Viçosa e Ubá tiveram os maiores crescimentos no período, trocando de posição com outras cidades. A Figura 8 mostra as frotas de automóveis e motocicletas: Além Paraíba com a maior relação veículos por habitante e Viçosa com a maior relação automóveis mais motocicletas por habitante.

O Plano Diretor é considerado o principal instrumento da política urbana previsto no Estatuto da Cidade, mais do que um documento técnico, ele deveria ser um espaço de debate dos cidadãos e de definição de opções, conscientes e negociadas, por uma estratégia de intervenção no território. Além da participação popular, exige ampla divulgação e a garantia do acesso às informações produzidas durante o processo de elaboração.

**FIGURA 7 – Evolução da população urbana dos centros intermediários da Zona da Mata Mineira - 1991 a 2010.** Fonte: Atlas Brasil

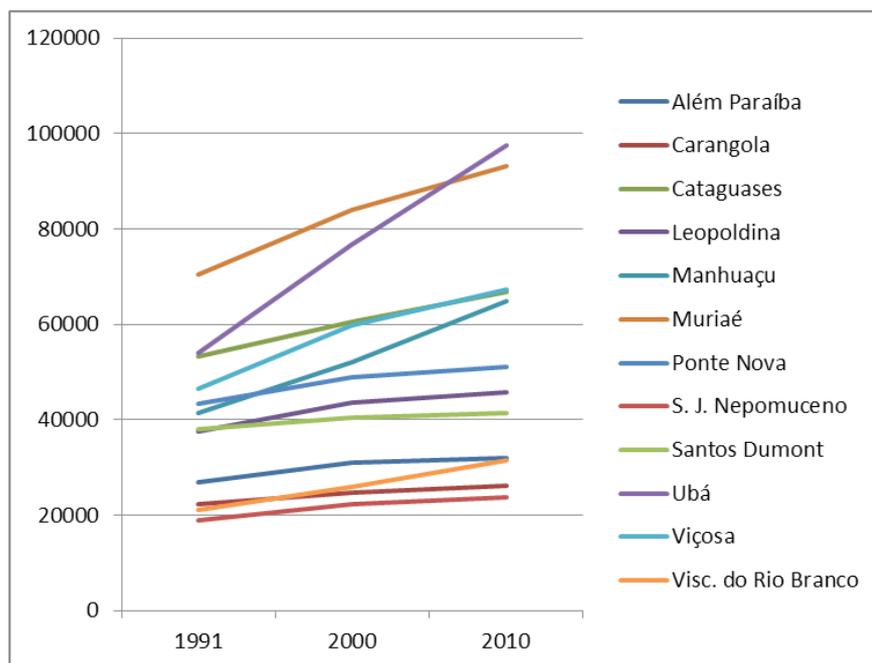


FIGURA 6 – Manchas urbanas de cidades da Zona da Mata Mineira. Fonte: o autor, com desenhos feitos com base em imagens do Google Maps, sem escalas.

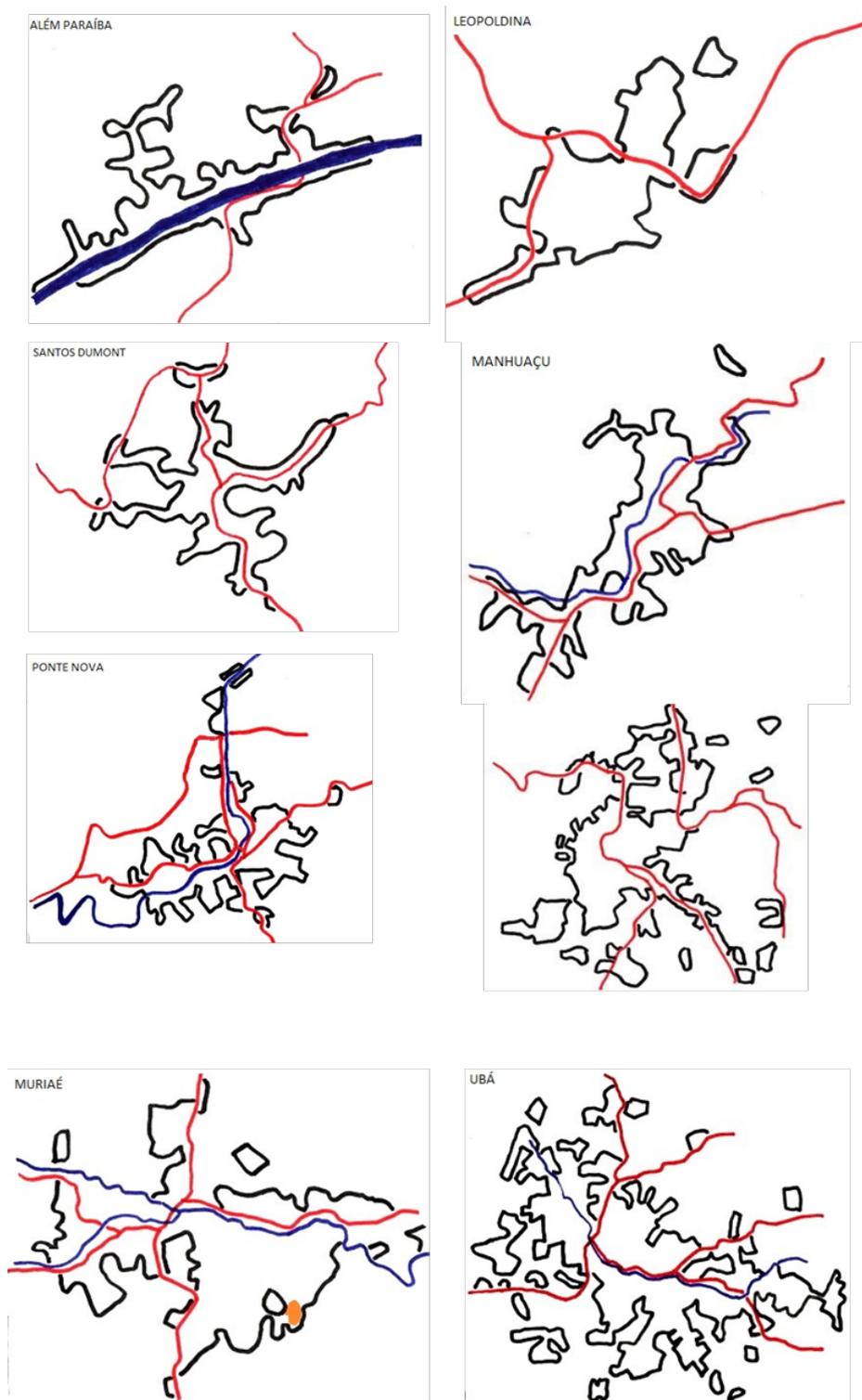


FIGURA 8 – Frota de automóveis e motos. Fontes: DETRAN / IBGE Cidades/Munic.

Frota de automóveis e motos					
Município	Estimativa População 2016	Frota de automóveis 2016	Relação habitantes por automóvel	Frota motos 2014 / 2016	Relação habitantes por moto
Brasil			4,07		9,84
Minas Gerais			3,71		8,82
Além Paraíba	35.795	13.417	2,85	4.725	8,06
Carangola	33.513	6.974	7,91	4.309	8,26
Cataguases	74.609	16.139	4,90	10.999	7,12
Leopoldina	53.252	12.112	4,79	4.236	13,50
Manhuaçu	87.735	19.466	4,88	9.082	10,76
Muriaé	107.916	25.500	4,53	15.311	7,65
Ponte Nova	60.188	16.283	4,12	7.618	8,61
S. J. Nepomuceno	26.439	6.598	4,36	3.601	6,68
Santos Dumont	47.560	9.717	5,63	4.430	12,44
Ubá	112.186	27.683	4,24	19.616	6,01
Viçosa	77.863	20.778	4,10	15.191	5,52
Visc. do R. Branco	41.567	9.338	4,73	8.000	5,60

## Os centros urbanos da Zona da Mata Mineira

O Estatuto enfatiza a importância da participação cidadã na fiscalização da implementação do plano diretor. Em seu Artigo 2º, está escrito:

“A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

II - gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

Outro princípio definido na lei é a gestão democrática:

“Art. 43. Para garantir a gestão democrática da cidade, deverão ser utilizados, entre outros, os seguintes instrumentos:

I – órgãos colegiados de política urbana nos níveis nacional, estadual e municipal;

II – debates, audiências e consultas públicas;

III – conferências sobre assuntos de interesse urbano nos níveis nacional, estadual e municipal;

IV – iniciativa popular de projeto de lei e de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;”

FIGURA 9 – Rua em área central de Viçosa. Foto do autor, 2017.



O Estatuto da Cidade aponta, entre outros aspectos, para a importância do planejamento das cidades, a correta ordenação e o controle do uso do solo e para a integração e a complementaridade entre as atividades urbanas e rurais e de expansão urbana, afirmando a responsabilidade do município em relação ao controle do uso e ocupação do solo das zonas rurais. O planejamento objetiva a justa distribuição dos benefícios e ônus do processo de urbanização pelo estabelecimento de mecanismos de correção de distorções, no intuito de diminuir a segregação social, promover a regularização fundiária e a urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda, visando a efetivar o direito à moradia daqueles que vivem em condições precárias e sem segurança jurídica de proteção. As cidades identificadas, todas com população acima de 20.000 habitantes, tinham como obrigação legal a elaboração de seus planos diretores, mas nem todas cumpriram esta exigência legal.

A Figura 10 mostra que, dos 12 municípios obrigados a aprovar seus planos diretores em 2006, Viçosa (2000) e Ponte Nova (2003) tiveram seus planos aprovados antes do prazo de 10 de outubro de 2006; quatro municípios o fizeram no prazo; três, depois do prazo; e outros quatro não aprovaram seus planos. Viçosa fez uma revisão em 2008, mas que não foi votada, uma nova tentativa de revisão foi entregue em 2017, ainda não aprovada em 2018. Santos Dumont teve um anteprojeto de lei encaminhado à Câmara Municipal em 2012, mas que não foi votado.

O Estatuto da Cidade estabelece no inciso III do Art. 42 que o plano diretor deverá conter o sistema de acompanhamento e controle, entendido aqui como um setor da administração responsável pela implementação da política urbana. Apenas Viçosa e Ponte Nova criaram órgãos específicos, nas demais cidades o planejamento urbano fica, ou deveria ficar, a cargo de setores gerais, como os de obras e de serviços urbanos.

É importante acrescentar, ainda sobre o Art. 42, que o plano diretor deverá conter:

I – a delimitação das áreas urbanas onde poderão ser aplicados o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização, na forma do art. 5º desta Lei;

II – disposições requeridas pelos arts. 25, 28, 29, 32 e 35<sup>1</sup> desta Lei;

O artigo 43 estabelece que “deverá ser utilizado um órgão colegiado de política urbana” para garantir a gestão democrática da cidade e um conselho para fiscalizar a implementação da política urbana. Oito dos doze municípios tiveram seus conselhos criados, mas há dificuldades em mantê-los ativos.

Podem ser averiguadas nos planos algumas características dos planos diretores:

- Os planos diretores de baixa aplicabilidade direta abusam da remissão constante à legislação complementar, raramente estabelecem prazos e definem os órgãos responsáveis pelos programas e ações;
- Deixam para regulamentações posteriores a elaboração das leis correlatas, ou seja, as de ordenamento territorial (zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, código de obras). Essas regulamentações não são atendidas. A Figura 10 mostra que Viçosa é exceção, pois aprovou em período curto de um ano as leis correlatas. Nos demais municípios, observa-se que as leis correlatas foram feitas vários anos após, não foram feitas, ou continuam sem ser atualizadas, sendo salientadas as leis de Leopoldina e São João Nepomuceno, com quase sessenta anos de vigência;
- Não explicitam os objetivos a alcançar, as estratégias e instrumentos para atingir os objetivos, não apresentam os instrumentos necessários para que estes objetivos sejam cumpridos;
- Não avançam na definição de investimentos prioritários e estratégicos, com a exceção do plano de Ubá;
- Não são incorporados aos Planos Plurianuais (PPA) e aos orçamentos municipais;
- Os planos diretores apresentam diretrizes genéricas desvinculadas do zoneamento;
- Os instrumentos de controle do uso e ocupação do solo são poucas vezes incluídos nos planos diretores; e
- Deixam inaplicáveis os instrumentos de Política Urbana previstos no capítulo II do Estatuto da Cidade e no inciso II do art. 42

Pode-se deduzir que há um quadro de desmoralização generalizada e danosa do planejamento urbano na forma como tem sido conduzido. Qualquer cidadão comum sabe que o governo, que deveria tutelar o planejamento, é o primeiro a burlar normas, planos e leis. Yázigi ainda aponta que, além da descontinuidade administrativa, em que o governo faz e desfaz sem a menor consciência de planejar a médio e longo prazos, o planejamento sempre esteve contaminado por dois outros problemas gravíssimos, a corrupção e o abuso da burocracia, que têm longa história no país. A prática da corrupção se aperfeiçoou e se armou com um enorme aparato de “camuflagens de atos ilícitos”, uma verdadeira arte de esconder as aparências. A corrupção é capaz até de existir mesmo com planos, a ela não interessando “manter cabeças que pensam em formas legítimas de planejamento. Nesses casos, plano e planejamento são grandes estorvos e, “nessa ótica, é melhor ficar sem eles” (YÁZIGI, 1996, p. 102).

1 Referentes ao direito de preempção, outorga onerosa do direito de construir, operações urbanas consorciadas e transferência do direito de construir.

Municípios intermediários da Zona da Mata de Minas Gerais – legislação e gestão					
Município	Plano Diretor	Lei Uso do solo	Lei de Parcelamento do Solo	Setor de Planejamento Urbano	Conselho de Planejamento Urbano
Além Paraíba	2014	2014	2014	Serviços e Obras Públicas	Política Urbana
Carangola	Não	Não	Não	Secretaria Política Urbana	-
Viçosa	2000	2000	2001	IPLAM	Complan
Ponte Nova	2003	2010	2008	Planejamento e Desenvolvimento Econômico	Comissão Técnica
Cataguases	2006	1995	1995	Serviços urbanos	Plano Diretor Participativo
Manhuaçu	2006	2003	2003	Divisão na Secretaria de Obras	-
Muriaé	2006	1987	Não	Secretaria de Obras Públicas	Comuplan
Leopoldina	2006	Não	1957	Secretaria de Serviços Urbanos	Desenvolvimento Urbano
Ubá	2008	1995	2010	Secretaria Ambiente e Mobilidade Urbana	Desenvolvimento Sustentável
Santos Dumont	Não	Não	Não	Secretaria de Obras e Serviços Públicos	Plano Diretor
São João Nepomuceno	2008	2008	2008	Secretaria de Obras	Plano Diretor participativo
Visconde do Rio Branco	2006	1983	1983	Secretaria de Obras e Serviços Urbanos	-

FIGURA10– Legislação urbanística / Gestão urbana - cidades intermediárias da Zona da Mata Mineira. Fontes: Perfil dos Municípios Brasileiros do IBGE Cidades/Munic., sites das Prefeituras e Câmaras Municipais.

Eis outros pontos frágeis da gestão dos municípios:

A fiscalização de obras apresenta situações de quadros insuficientes, inaptos, ineficientes, burocráticos e eventualmente corruptos. Funciona, na maior parte do tempo, exclusivamente à base de denúncias. A fiscalização não atua nas áreas rurais, sujeitas a obras ainda mais danosas ao ambiente do que dentro dos limites das áreas urbanas.

Souza diz que, na prática, grande parte do trabalho dos planejadores apenas respalda posições de iniciativa privada ou de governo, enfeitando com um discurso técnico-científico decisões previamente tomadas (SOUZA, 2002, p. 97). Os setores de planejamento urbano se restringem à análise e aprovação de projetos e ainda não são analisados por profissionais com a devida atribuição para tal. Não há quadro técnico suficiente. Os salários pagos aos funcionários municipais são, em geral, baixíssimos e pouco atraentes. Estudos e pareceres dos quadros técnicos sucumbem aos interesses políticos que desrespeitam ou alteram a legislação, sendo muito comuns a prática das regularizações posteriores a baixo custo e as anistias.

**FIGURA 11– Alguns dos problemas de falta de planejamento e gestão urbanas. Fontes: Sites das prefeituras e câmaras municipais e arquitetos e urbanistas.**

Alguns dos problemas de falta de planejamento e gestão urbanas das cidades intermediárias da Zona da Mata mineira.	
Além Paraíba	Ocupação irregular em áreas de risco, preservação do patrimônio cultural, construções nas margens dos rios, não tem plano diretor, não tem legislação urbanística.
Carangola	Enchentes, construções nas margens dos rios, não tem plano diretor, não tem legislação urbanística.
Cataguases	Enchentes, construções nas margens dos rios, legislação urbanística anterior ao plano diretor, leis previstas no plano diretor não regulamentadas, fiscalização ineficiente de obras.
Leopoldina	Trânsito, legislação urbanística com mais de 50 anos, fiscalização de obras insuficiente.
Manhuaçu	Falta de conservação de nascentes, não tem conselho de planejamento urbano, legislação urbanística anterior ao plano diretor.
Muriaé	Poluição dos rios, drenagem, acessibilidade, conselho de planejamento urbano inativo, legislação urbanística anterior ao plano diretor.
Ponte Nova	Enchentes, construções nas margens dos rios, conselho de planejamento urbano inativo.
S. J. Nepomuceno	Enchentes, construções nas margens dos rios, legislação urbanística desatualizada.
Santos Dumont	Saneamento básico, descuido com o patrimônio cultural ferroviário, não tem plano diretor, não tem legislação urbanística.
Ubá	Poluição dos rios, falta de conservação das nascentes, loteamentos em áreas rurais, construções nas margens dos rios, fiscalização ineficiente de obras, legislação urbanística desatualizada.
Viçosa	Trânsito, falta de conservação das nascentes, construções nas margens dos rios, loteamentos em áreas rurais, fiscalização de obras ineficiente, conselho de planejamento urbano inativo.
Visconde do Rio Branco	Expansão urbana em excesso, não tem conselho de planejamento urbano, legislação urbanística com mais de 30 anos.

A Figura 11 mostra um breve levantamento dos principais problemas relacionados ao planejamento e à gestão do território municipal. Em 2011, apenas 9% das cidades da Zona da Mata tratavam seus esgotos. Os condomínios fechados, uma estrutura comum nas grandes cidades, já passam a ser elementos (des)estruturadores das pequenas cidades. As zonas rurais passam a exercer atração para os moradores, fazendo surgir loteamentos para fins urbanos.

A Figura 12 mostra quão distantes estão as cidades intermediárias da Zona da Mata Mineira de um quadro adequado de qualidade de vida. Seis das doze cidades tinham aterros regularizados em 2013, as demais jogavam seus resíduos sólidos em lixões. Dez cidades não tratam a totalidade dos esgotos produzidos, apenas duas tratam percentuais insignificantes.

**FIGURA 12– Saneamento e formas de expansão urbana das cidades intermediárias da Zona da Mata Mineira. Fontes: Situação de tratamento e/ou disposição dos resíduos sólidos em Minas Gerais, 2013, FEAM/MG; SNIS 2013, Arquitetos e Urbanistas e observações locais.**

Saneamento e formas de expansão urbana das cidades intermediárias da Zona da Mata Mineira.				
Município	Aterro regularizado /Lixão - 2013	Tratamento de Esgotos %	Condomínios horizontais fechados (2015)	Loteamentos em área Rural (2015)
Além Paraíba	Aterro regular	0	1	0
Carangola	Lixão	13,74	2	13
Cataguases	Aterro regular	0	2	1
Leopoldina	Lixão	0	1	4
Manhuaçu	Lixão	0,44	1	5
Muriaé	Lixão	34,00	4	0
Ponte Nova	Lixão	0	0	0
S. J. Nepomuceno	Lixão	0	5	0
Santos Dumont	Aterro regular	0	0	0
Ubá	Aterro regular	0	16	0
Viçosa	Aterro regular	1,00	13	4
Visc. do Rio Branco	Aterro regular	0	1	2

Observa-se o surgimento de condomínios fechados em quase todas as cidades, e a construção de parcelamentos para fins urbanos nas áreas rurais tornou-se um fenômeno presente. Cabe aqui usar as palavras de Sposito: “As cidades de diversos tamanhos e importâncias estão em processos de reestruturação espacial, que acenam para a hipótese do aprofundamento da segregação, em direção à fragmentação socioespacial”. Trata-se de um processo de uma “urbanização difusa” (SPOSITO, 2013, p. 48), que traz grandes dificuldades para a gestão municipal, aumentando os custos de infraestrutura, gerando demanda por serviços como coleta de lixo, patrulhamento policial, oferta de transporte coletivo e saneamento, simultaneamente à valorização dos vazios urbanos.

## Futuros preocupantes

O adequado planejamento urbano é fundamental para todas as cidades, sejam elas, pequenas ou grandes. Há um quadro sombrio previsível se as coisas continuarem como estão no fim desta segunda década do século XXI. As áreas urbanas dos municípios aqui estudados vão continuar a crescer e a se fragmentar em maior ou menor ritmo. Suas frotas de veículos e motocicletas continuarão a se expandir e a exigir espaços para sua circulação. Seus mananciais ficarão sem proteção. Enchentes e deslizamentos de terras continuarão a ocorrer. Os programas habitacionais tenderão a ser implantados aonde a cidade ainda não chegou, criando regiões segregadas. Os condomínios fechados serão a saída mais imediata para as elites. Os granjeamentos nas áreas rurais continuarão a se multiplicar sem controle e fiscalização, pois os prefeitos erroneamente se julgam incompetentes ou incapazes de fiscalizar as áreas rurais

FIGURA 13– Ponte Nova, margens do Rio Piranga, 2017. Foto do autor.



Os municípios aqui estudados, que têm planos diretores, eles os têm, em sua maioria, por obrigação constitucional, mas não os aplicam, até mesmo porque não são autoaplicáveis. Os planos definiram o setor da prefeitura que ficará como responsável pela implementação, mas, na prática, essa responsabilidade ficou diluída em diferentes órgãos ou em departamentos ou divisões de menor hierarquia.

Os planos diretores criaram, apenas no papel, os conselhos para fiscalizar e conduzir a aplicação, no entanto os conselhos têm funcionado de forma distante de suas atribuições e em poucos municípios.

Os municípios são obrigados a elaborar outros planos - de mobilidade, habitação, cultura, saneamento e de resíduos sólidos -, mas não os têm como prioridade, não têm quem os faça, nem conseguem recursos para elaborá-los, não têm quem os acompanhe e fiscalize.

As prefeituras não conseguem elaborar nem contratar projetos relacionados aos planos diretores e, conseqüentemente, não conseguem recursos.

Embora as exigências apontem para a necessidade de instalar em cada município um processo mais eficiente, voltado para o atendimento da função social da cidade e da propriedade, vive-se um quadro de pouco planejamento urbano. Nas cidades estudadas, eles são praticados de forma minimamente aceitável apenas em Ponte Nova; nas demais cidades, são limitados por fatores políticos. Há potencial para mudanças positivas em Viçosa; nas demais cidades, embora haja um quadro crescente de profissionais em arquitetura e urbanismo, a situação é preocupante, pois há questões atrasadas ou processos contínuos de impactos tendendo à irreversibilidade.

Como mudar esse panorama tão longe do adequado às cidades em franco desenvolvimento? Os municípios estão sendo cada vez mais cobrados para apresentar planos sobre as políticas urbanas, de forma a vincular solicitações de recursos para obras e projetos a eles vinculados. Esse é um sinal de que as prefeituras não conseguirão mais ser tão amadoras como têm sido.

Não há um caminho melhor, pelo menos por enquanto: ou o planejamento urbano e a gestão municipal adequados entram de vez nas agendas dos governantes ou as cidades vão se tornar um conjunto de partes isoladas, ameaçadas pela violência com cada qual lutando com suas forças por melhorias e fazendo obras isoladas. Os problemas ambientais e os de trânsito continuarão a se agravar. Os custos de uma urbanização fracionada, entremeada de vazios urbanos, tendem a aumentar.

Há necessidade de maior pressão e participação populares, que são ações muito desafiadoras, pois dependem de conscientização e mobilização, de colocar em prática o que preconiza o Estatuto da Cidade e o que determina a legislação municipal. Os indicadores encontrados não são favoráveis e precisam ser melhorados.

Para alguns autores, é melhor ter algum planejamento do que nenhum, mas não é possível se contentar com o muito pouco encontrado em cidades tão importantes da Zona da Mata Mineira. É necessário planejar melhor do que tem sido feito nas cidades estudadas, para não chegarmos ao ponto em que as cidades intermediárias da Zona da Mata perderão moradores para outras áreas e desperdiçarão o potencial amparado nas qualidades que ainda têm. Termino com uma frase dita um dia por Ermínia Maricato: "Não há como vislumbrar um futuro melhor para as cidades brasileiras sem planejamento".

## Referências

ARANTES, Oflia; Vainer, Carlos; Maricato, Ermínia. **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

BRASIL. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2001.

ENDLICH, Ângela Maria. Pensando os papéis e significados das pequenas cidades. São Paulo: UNESP, 2009.

LOPES, Diva; HENRIQUE, Wendel (org.) **Cidades Médias e Pequenas: Teorias, conceitos e estudos de casos**. Salvador: SEI, 2010. 250 p.

MARICATO, Ermínia. Brasil, Cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes, 2001.

\_\_\_\_\_. **O impasse da política urbana no Brasil**. São Paulo: Vozes, 2011.

MONTE-MÓR, Roberto L. O que é urbano, no mundo contemporâneo. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 11, p.09-18, jul./dez. 2006.

ROLNIK, Raquel. Antes tínhamos os sem-casas, agora estamos criando os 'sem-cidades'. Entrevista. Brasil de Fato. Disponível em < <http://www.brasildefato.com.br/node/31184>> Acesso em 29 jan. 2015.

SAULE JR., Nelson e ROLNIK, Raquel. **Estatuto da Cidade** – novas perspectivas para a reforma urbana. São Paulo: Polis, 2001 (Cadernos Polis 4).

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a Cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 556 p

SPOSITO, Maria E. B.; GÓES, Eda M. Espaços fechados e cidades. São Paulo: Unesp, 2013.

STEPHAN, Ítalo I. C. **A Aplicação dos Planos Diretores e Leis de Controle do uso e Ocupação do solo em cidades de médio porte demográfico, em Minas Gerais, no período 1988-1998**. 2006. 381f. Tese (de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. Planos Diretores em Minas Gerais: vinte anos de exigência constitucional. **Risco** (São Carlos), V. 10, p. 46-56, 2009. Disponível em: <[http://arquitetura.eesc.usp.br/revista\\_risco/Risco10-pdf/02\\_art05\\_risco10.pdf](http://arquitetura.eesc.usp.br/revista_risco/Risco10-pdf/02_art05_risco10.pdf)>. Acesso em 12/12/2010.

\_\_\_\_\_, REIS, Luiz. F. Revisão do Plano Diretor de Viçosa: participação popular e autoaplicabilidade. **Risco** (São Carlos), v.6, p.84 - 93, 2008.

\_\_\_\_\_; ROCHA, Rodrigo F. Planos Diretores: que participação é essa? **Revista Tecnológica** (UEM). v.1, p.107 - 116, 2009.

VILLAÇA, Flávio. **As ilusões do plano diretor**. São Paulo, USP, 2005.

YÁZIGI, Eduardo. 1996. **Genética da ideia de plano no Brasil: legados políticos**. In: Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: FFLCH /USP, n. 10, abr. 1996. p. 91-103.

DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 14/07/2018 APROVAÇÃO: 13/08/2018

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

MARIO ALVES DA SILVA, JOYCE CORRENA CARLO E LUCIANA BOSCO E SILVA

## Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

*Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation  
based optimization through genetic algorithms.*

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

### **Mario Alves da Silva**

Graduando do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFV. Realizou recentemente uma Iniciação Científica fomentada pela FAPEMIG na área de Tecnologias em Arquitetura, estudando principalmente modelagem paramétrica, simulação energética e luminosa e otimização de edificações. Atua como pesquisador no Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética (Latecae).

*Undergraduate student in the Architecture and Urban Planning Department of UFV. He recently held a FAPEMIG junior research for a Scientific Initiation study in the area of Architecture Technologies, in specific parametric design, energy and light simulation and buildings optimization. He is a researcher at the Laboratory of Technologies in Environmental Comfort and Energy Efficiency (Latecae).*

**silvalves.mario@gmail.com**

### **Joyce Correna Carlo**

Dra. Joyce Carlo é professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e coordenadora do Latecae - Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética, onde desenvolve estudos referentes à eficiência energética, conforto térmico e iluminação natural com uso de simulação de desempenho de edifícios, na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Suas habilidades também incluem estratégias bioclimáticas e métodos de otimização nas fases iniciais do processo de projeto com modelagem digital. Ela é membro da Secretaria Técnica do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações do Inmetro, auditora do Inmetro para o mesmo programa e membro fundador da IBPSA Brasil – International Building Performance Simulation Association.

*Dr. Joyce Carlo is a professor of the Department of Architecture and Urbanism and the coordinator of Latecae - Laboratory of Technologies of Building Comfort and Energy Efficiency, where she develops studies regarding energy efficiency, thermal comfort and daylighting using building performance simulation in Federal University of Viçosa (UFV). Her expertise also includes passive low energy strategies and optimization methods in the early stages of digital modeling design processes. She is a member of the national advising committee of the Energy Efficiency Labeling Program for Buildings of Inmetro, an auditor of Inmetro for the Energy Efficiency Labeling Program for Buildings, and a founding member of IBPSA Brazil – International Building Performance Simulation Association.*

**correnacarlo@gmail.com**

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

### **Luciana Bosco e Silva**

Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa. Doutora em Artes pela EBA-UFMG (2011), Mestre em Estética e História da Arte pela USP (2006), graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Santa Úrsula (1995). Trabalha com Arte Contemporânea, Arquitetura e Urbanismo com ênfase em Práticas Espaciais, Conceitos formais contemporâneos e Percepção Ambiental; atuando principalmente nos seguintes temas: percepção do espaço, apropriação e produção material e imaterial do espaço construído. Participação em pesquisa interdisciplinar em Artes, Arquitetura e Cidade, com foco na percepção e composição formal e sensorial do ambiente construído.

*Professor at the Department of Architecture and Urbanism of the Federal University of Viçosa. Doctor on Arts from EBA-UFMG (2011), Master on Aesthetics and History of Art from USP (2006), graduated in Architecture and Urbanism from Santa Úrsula University (1995). Works with Contemporary Art, Architecture and Urbanism with emphasis on Space Practices, Contemporary Formal Concepts and Environmental Perception; acting mainly on the following themes: perception of space, appropriation and material and immaterial production of built space. Participation in interdisciplinary research in Arts, Architecture and City, focusing on the perception and formal and sensorial composition of the built environment. of Inmetro for the Energy Efficiency Labeling Program for Buildings, and a founding member of IBPSA Brazil – International Building Performance Simulation Association.*

**luciana.bosco@gmail.com**

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

### Resumo

Projetos baseados no desempenho da edificação são cada vez mais utilizados como uma metodologia de projeto em arquitetura e os avanços computacionais do século XXI permitem que sejam desenvolvidos softwares e ferramentas capazes de integrar processos de modelagem paramétrica e eficiência energética nas edificações. Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de integração do DIVA, um software capaz de realizar simulações luminosas dinâmicas, às simulações energéticas do software Archsim/EnergyPlus, por meio de padrões de disponibilidade de iluminação natural nos ambientes. Avaliou-se também a utilização de algoritmos genéticos durante o processo de otimização, atentando para o tempo e a forma de convergência dos parâmetros e objetivos. Foi elaborado, portanto, um problema multiobjetivo com intuito de maximizar a ocorrência de luz natural nos ambientes e minimizar o consumo energético com sistemas de iluminação artificial e ar condicionado. Foram parametrizados 2 casos, sendo o Caso Base correspondente à forma real da edificação e o Caso Inicial ao edifício com modificações nas aberturas da fachada principal e acréscimo de elementos de proteção solar. O processo de otimização baseada em simulação foi iniciado após a simulação do Caso Inicial, no entanto foi encerrado quando completada a 54ª Geração, totalizando 7293 indivíduos. A melhoria no desempenho luminoso e energético da edificação foi percebida já na fase de simulação do Caso Inicial, pois houve uma melhor distribuição da luz natural no ambiente e uma redução de 14% no consumo energético do edifício. No Caso Otimizado, observou-se uma pequena melhoria em relação ao Caso Inicial, onde houve uma melhoria de 20% no valor de iluminância útil média, bem como uma redução de 5% na intensidade energética.

**Palavras-chave:** Projeto baseado em desempenho. Iluminação natural. Iluminância útil. DIVA. Intensidade energética.

### Abstract

*Performance-based design is being increasingly used as a design methodology in architecture. 21st Century computational advances allow the development of software and tools capable of integrating parametric modeling and energy efficiency processes in buildings. The objective of this work is to evaluate the potential of DIVA on energy analysis. DIVA is a software capable of performing dynamic light simulation, which is integrated to the energy simulations of Archsim/EnergyPlus, through the availability of daylight in the interior rooms. The use of genetic algorithms during the optimization process was also evaluated, considering the time and the pattern of convergence of the parameters and objectives. Therefore, a multiobjective optimization problem was elaborated in order to maximize the occurrence of daylight and to minimize energy consumption with artificial lighting and air conditioning systems. Two cases were parameterized, the Base Case corresponding to the real form of the building and the Initial Case, corresponding to the building with modifications in the main façade openings and addition to solar protection elements. The simulation based optimization process was initiated after the simulation of the Initial Case, but was finished when the 54th Generation was completed, totaling 7293 individuals. The improvement in lighting and energy performance of the building was already perceived in the simulation phase of the Initial Case, as a better distribution of daylight in the interior rooms was achieved with a reduction of 14% in the energy consumption of the building. In the Optimized Case, there was an improvement, compared to the Initial Case, of 20% in the average useful daylight illuminance value, as well as a reduction of 5% in the energy use intensity.*

**Keywords:** Performance-based design. Natural lighting. Useful daylight illuminance. DIVA. Energy intensity.

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

## Introdução

No ano de 2016, o setor público consumiu 43.278GWh, o equivalente a aproximadamente 50% do consumido pelo setor comercial, 30% do setor residencial e 25% do setor industrial (BRASIL, 2017). Após levantamento e diagnóstico em 20 edificações de uso público, realizado por Brasil (2017b), foi constatado que uma parcela significativa do consumo de tais edifícios advém dos sistemas de condicionamento artificial, como iluminação e ar condicionado. Dado isto, são necessárias medidas e estratégias que reflitam na redução desta parcela significativa de consumo energético.

A forma tem papel fundamental no desempenho energético da edificação (SANTANA; GUIMARÃES; CARLO, 2015). As experimentações formais, propostas por Omidfar (2011) e Cartana, Pereira e Berté (2016), possibilitaram avaliar a correlação entre a composição formal da envoltória e a iluminação interna do ambiente, e além do envelope da edificação percebe-se também que a volumetria e o espaço em si determinam a distribuição da luz natural (OMIDFAR, 2011; BROTAS; RUSOVAN, 2013; MOHSENIN; HU, 2015). A utilização de elementos de proteção externos possibilita consequentemente um melhor desempenho energético por dois fatores principais: impedir a entrada de radiação direta no ambiente, visto que a incidência de ondas curtas nas superfícies opacas do ambiente gera irradiação de ondas longas, responsáveis por grande parte dos ganhos térmicos da edificação; e também por reduzir o ofuscamento, melhorando assim o conforto dos ocupantes (BROTAS; RUSOVAN, 2013).

As ferramentas digitais de projeto em arquitetura são grandes aliadas nas decisões projetuais por agilizarem os processos de representação gráfica e permitirem uma grande variedade de análises em diferentes aspectos, como apontado por Venâncio e Pedrini (2011), e também por Cartana, Pereira e Berté (2016). O uso de ferramentas digitais encontra, no entanto, conflitos na maneira como são relacionadas aos processos tradicionais de projeto, fazendo com que a pequena parcela de arquitetos que utilizam tais ferramentas para simulações, optem por análises mais simples (VENÂNCIO; PEDRINI, 2011). Em sentido oposto, é crescente a utilização de processos digitais de modelagem e parametrização no meio acadêmico, principalmente para processos de simulação de desempenho das edificações, que possibilitam avaliar diversas relações entre fatores como forma, desempenho térmico, energético, etc. (DIDONÉ; PEREIRA, 2010; GRANADEIRO; DUARTE; PALENSKY, 2011; GRANADEIRO et al., 2013).

O crescente desenvolvimento tecnológico do século XXI possibilita cada vez mais que novas ferramentas computacionais sejam criadas e aprimoradas nos diversos setores, e principalmente no ramo da modelagem. O aperfeiçoamento e a criação de novas estruturas computacionais de interface gráfica possibilitaram o desenvolvimento de softwares mais potentes, capazes de gerar e interpretar estruturas formais mais complexas (CARTANA; PERERIA; BERTÉ, 2016). A modelagem paramétrica surge então como uma maneira de aumentar a variabilidade de resultados formais por associar entre si os componentes geradores da forma e permitir, de tal modo, que uma pequena variação nos parâmetros possa gerar diferentes configurações dos elementos (TAGLIARI; FLORIO, 2009). O programa Rhinoceros quando aliado a plataforma de programação visual Grasshopper, possibilita uma modelagem paramétrica integrada a diferentes interfaces e plugins, sendo assim possível avaliar a forma segundo diferentes parâmetros de desempenho (GONZÁLEZ; FIORITO, 2015).

Ainda, a integração de processos de otimização ao modelo de programação paramétrica do Grasshopper permite um novo modo de avaliação da forma, visto que os processos de otimização são estratégias pelas quais são definidos objetivos que têm por

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

finalidade minimizar ou maximizar as soluções para o problema proposto (BAÑOS et al., 2011). A busca por soluções ótimas ocorre através de algoritmos que direcionam o processo de otimização, tais quais os algoritmos genéticos, que são baseados em princípios evolucionários, como mutação, cruzamento, dominância, etc. A utilização de plugins de desempenho e motores de otimização no Grasshopper possibilita, portanto, a geração de formas cada vez mais associadas a altos padrões de desempenho, e a opção por algoritmos genéticos é vista como uma estratégia eficaz para encontrar uma maior variabilidade de soluções em um menor período de tempo, como ao avaliar problemas de projeto em arquitetura (GONZÁLEZ; FIORITO, 2015). A discussão acerca da viabilidade de utilização dos algoritmos genéticos, em processos de otimização baseada em simulação (OBS) em arquitetura, e principalmente em simulações luminosas, está pautada na demanda por tempo de execução (WORTMANN, 2017). Visto que o presente estudo é realizado em âmbito acadêmico cuja a demanda por tempo não é fator primordial para execução do processo de OBS, e que como resultados espera-se analisar diferentes soluções, busca-se responder à seguinte pergunta: Seria viável a realização de otimização multiobjetivo baseada em simulação luminosa e energética por meio de algoritmos genéticos?

## Objetivo

O presente estudo tem por objetivo avaliar a relação entre a forma de uma edificação destinada a laboratórios de práticas de restauração, conforto ambiental, projeto, modelagem digital, maquetes e desenho - e seu desempenho energético e luminoso, através de processos de otimização baseada em simulação (OBS).

## Revisão bibliográfica

Os estudos envolvendo processos de otimização ganham, cada vez mais, importância na arquitetura (MAGNIER; HAGHIGHAT, 2010; BAÑOS et al., 2011; ASADI et al., 2012; GRANADEIRO et al., 2013; EVINS, 2013; NGUYEN; REITER; RIGO, 2014; WORTMANN; NANNICINI, 2016; WORTMANN et al., 2017; WORTMANN, 2017a; WORTMANN, 2017b), principalmente devido às suas relações com os processos de projeto baseado em desempenho. A utilização de otimização em arquitetura mostra uma tendência a aplicação de métodos meta-heurísticos, ou seja, ferramentas de busca que objetivam resultados próximos ao ótimo (BAÑOS et al., 2011). Tais processos requerem a definição dos parâmetros a serem alterados para que o objetivo final seja atingido, cujos problemas podem tentar solucionar um objetivo único ou então múltiplos objetivos. Para tanto, é também necessário definir o método de otimização para a configuração da solução do problema. O método population-based meta-heuristics, predominante em estudos de OBS em arquitetura contém mecanismos nos quais as soluções são obtidas através de populações de indivíduos que evoluem durante o processo e, como resultado final, retornam uma população de soluções (BAÑOS et al., 2011). Este processo inclui diversos tipos de algoritmos, dentre eles os algoritmos genéticos que, segundo Evins (2013), estão presentes em cerca de 60% das pesquisas de arquitetura que envolvem processos de OBS.

As condições de nebulosidade, posição do Sol na abóbada celeste, a orientação da edificação e também sua localização, são fatores fundamentais para que a iluminação seja analisada. No entanto, muitos programas de simulação luminosa partem

de modelos estáticos, que utilizam um modelo de céu nublado para todo o ano e desconsideram todos os outros fatores, deste modo, não fornecem dados próximos a situações reais, subaproveitando o potencial da iluminação natural para a edificação (NABIL; MARDALJEVIC, 2005), sendo recomendados apenas para estudos iniciais de iluminação em fases iniciais de projeto (BROTAS; RUSOVAN, 2013). Nabil e Mardaljevic (2005) propuseram a utilização de uma métrica, de caráter dinâmico, chamada Useful daylight illuminance (UDI) que define o percentual de horas do ano em que os níveis de iluminância estão, por padrão, entre 100 e 2000lx. As métricas que possibilitam análises dinâmicas da iluminação são chamadas climate based (NABIL; MARDALJEVIC, 2006), por incorporarem dados referentes às 8760 horas de um ano representativo para a localidade determinada, contidos nos arquivos climáticos.

Os limites do UDI não são estáticos, pois variam de acordo com o tipo de uso dado a determinado espaço e fatores subjetivos relacionados ao usuário. Mardaljevic et al. (2012) classifica a faixa de 300-3000lx como UDI autônomo (UDI-a), ou seja, intervalo onde a utilização de sistemas de iluminação artificial não é necessária. O limite superior de 3000lx é resultado de um processo de pesquisa e fundamentação em outros trabalhos, com foco em análises de ambientes de escritório com uso contínuo de computadores e monitores com telas de menor brilho, possibilitando assim uma permissibilidade maior a valores de iluminância. No entanto, não se descarta a necessidade de adequação do limite superior de acordo com o ambiente e o usuário, visto que a admissibilidade depende de situações de conforto e do tipo de atividade executada (MARDALJEVIC et al., 2012).

A utilização de modelos dinâmicos de simulação luminosa corrobora com a alta demanda por tempo de processamento, todavia ela aumenta a precisão do processo, pois, segundo Brotas e Rusovan (2013), a utilização do método climate based permite melhores análises do desempenho luminoso. Estudos apontam diferentes programas capazes de realizar simulações luminosas dinâmicas (GHOBAD et al., 2013; GAVIRIA; PEREIRA; MIZGIER, 2013; BELLIA; FRAGLIASSO; PEDACE, 2015). Destaca-se aqui o DIVA – Design Iterate Validate Adapt – que permite que seus resultados de simulação luminosa, sejam parâmetros de entrada no Archsim, através de padrões de consumo em iluminação artificial baseados na disponibilidade de luz natural no ambiente. A utilização do DIVA é crescente tanto em estudos nacionais (GAVIRIA; PEREIRA; MIZGIER, 2013; WEISS; TAMURA; KRÜGER, 2015; CARTANA; PEREIRA; BERTÉ, 2016; CARTANA; PEREIRA; MAYER, 2017), quanto internacionais (JAKUBIEC; REINHART, 2011; OMIDFAR, 2011; BROTAS; RUSOVAN, 2013; GHOBAD et al., 2013; GONZÁLEZ; FIORITO, 2015; BELLIA; FRAGLIASSO; PEDACE, 2015; MOHSENIN; HU, 2015; WORTMANN; NANNICINI, 2016; WORTMANN, 2017a), porém seu uso em processos de OBS é ainda restrito. Wortmann e Nannicini (2016) e Wortman (2017a) utilizaram processos de OBS luminosa com foco na comparação do tempo gasto para a convergência, pela curva de Pareto, e também na dispersão das soluções encontradas, entre algoritmos genéticos e os do tipo model based, que funcionam através de um motor de otimização específico, responsável por aperfeiçoar e simplificar constantemente, durante o processo de otimização, o modelo montado pelo simulador.

Os estudos que envolvem OBS luminosa, geralmente buscam solucionar problemas relacionados a iluminação natural e ao ofuscamento, porém criam relações de dependência entre os objetivos e optam pela formulação de um problema de objetivo único (GAGNE; ANDERSEN, 2011; WORTMANN, 2017a; WORTMANN, 2017b). A utilização de algoritmos genéticos em processos de otimização baseada em simulação luminosa, ainda que existente em alguns estudos (TORRES; SAKAMOTO, 2007; GAGNE; ANDERSEN, 2011; TURRIN; VON BUELOW; STOUFFS, 2011), é apontada como inviá-

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms.

vel em trabalhos recentes (WORTMANN; NANNICINI, 2016; WORTMANN et al., 2017; WORTMANN, 2017a; WORTMANN, 2017b). As soluções apresentadas por Wortmann (2017) apontam a utilização do processo model based através do motor de otimização Opossum. A utilização deste motor é indicada para processos de grande complexidade e grande demanda por tempo de otimização, sendo assim, seria eficaz para OBS luminosa, no entanto o motor permite a entrada de apenas um objetivo, retorna apenas uma solução e seu algoritmo necessita uma grande apuração da modelagem, podendo este último fator demandar um grande tempo de modelagem e contradizer a economia de tempo.

## Metodologia

As etapas propostas por Nguyen, Reiter e Rigo (2013) foram adotadas como metodologia para o presente trabalho, que consiste em três fases principais: pré-processamento, tida como a mais importante por ser responsável pela elaboração do problema a ser solucionado; processamento, que abrange o processo de otimização; e pós-processamento, fase na qual é realizada a análise e interpretação dos resultados obtidos.

## Pré-processamento

O pré-processamento foi composto por cinco fases. São elas: escolha da edificação e análise de suas características formais-compositivas; decisões iniciais para a parametrização da edificação; seleção dos parâmetros que serão avaliados segundo os critérios de desempenho; modelagem da edificação no plugin Grasshopper, acoplado ao software Rhinoceros; e simulação dos casos base e inicial a serem comparados com os resultados obtidos na fase de processamento.

### Seleção e análise da composição formal da edificação

O edifício anexo do Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU) da Universidade Federal de Viçosa contém os laboratórios do curso de Arquitetura e Urbanismo e foi o escolhido como modelo a ser simulado e otimizado segundo os critérios de desempenho energético e luminoso [1]. A escolha está pautada na possibilidade de expansão deste edifício, surgida em 2017, com propostas de alterações significativas na conformação dos espaços ali existentes.

FIGURA 1- Edifício anexo, DAU  
- UFV.

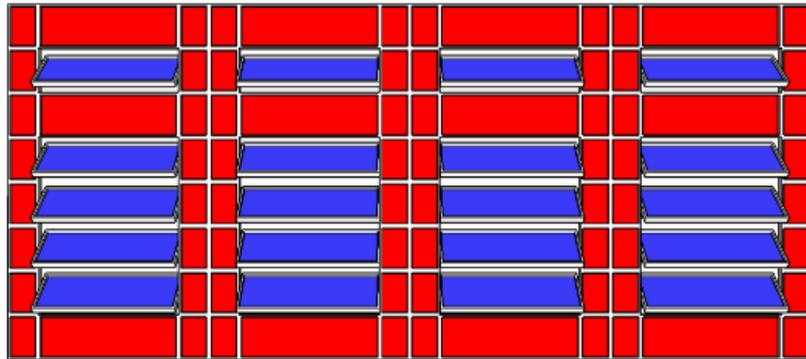
Fonte: Os autores.



O volume principal do edifício é composto basicamente por dois blocos laboratoriais e um de circulação. Em [1], considerando a fachada principal com orientação leste, o Bloco 1 encontra-se à esquerda e a sul e o Bloco 2 encontra-se à direita e a norte. A fachada da edificação é composta basicamente por linhas e planos, orientados vertical e horizontalmente. Os elementos compositivos são os planos formados pelas aberturas, paredes e a demarcação da entrada do edifício, já as linhas correspondem aos elementos estruturais, pilares e lajes, além das esquadrias [1]. As esquadrias das janelas, compostas por pequenos planos, são resultado de uma composição formal que busca principalmente a segurança para a edificação, visto que cerca de 80% das folhas de vidro são fixas. A parcela operável é do tipo basculante, e assim reduz ainda mais o potencial de ventilação de cada abertura, resultando em uma área de ventilação efetiva correspondente a apenas 5% da área total do vão [2].

FIGURA 2- Distribuição dos painéis móveis (azul) e fixos (vermelho) nas aberturas.

Fonte: Os autores.



### Decisões iniciais de parametrização

As janelas da fachada principal [1] são responsáveis pela maior captação de iluminação direta, dado que a edificação se encontra na parte inferior de um terreno com desnível acentuado e vegetação densa, sendo assim, é fundamental que estas possuam dimensões e propriedades adequadas para garantir também a iluminação natural no interior dos ambientes. As aberturas principais possuem 3,15 m de altura, largura de 5,60 metros, e estão localizadas em ambientes com profundidade média de 8,30 metros e largura média de 11,50 metros, garantindo uma proporção 1:2,5 na profundidade e 1:2 na largura. Quanto ao modelo de aberturas existente, decidiu-se pela troca das aberturas com esquadrias do tipo retícula e abertura basculante por sistemas de esquadrias periféricas e abertura de correr com área de ventilação efetiva de 50%, contra 5% do modelo existente.

Optou-se também pela modificação das propriedades termo-luminosas dos vidros, que atualmente seguem o vidro tipo 1. O vidro do tipo 1 permite grandes ganhos térmicos e situações de ofuscamento na edificação, principalmente nas APPs, dado que as superfícies envidraçadas representam cerca de 40% das superfícies da fachada principal. Dada a possibilidade de aumento de tal percentual, em decorrência da variação do parâmetro de altura das aberturas, decidiu-se pela utilização de dois tipos de vidro combinados com as diferentes opções de dimensões das proteções solares, de acordo com o tempo de permanência na zona, prolongada ou transitória [3].

FIGURA 3- Propriedades termo-luminosas e ocorrência dos vidros tipo 1 e 2.

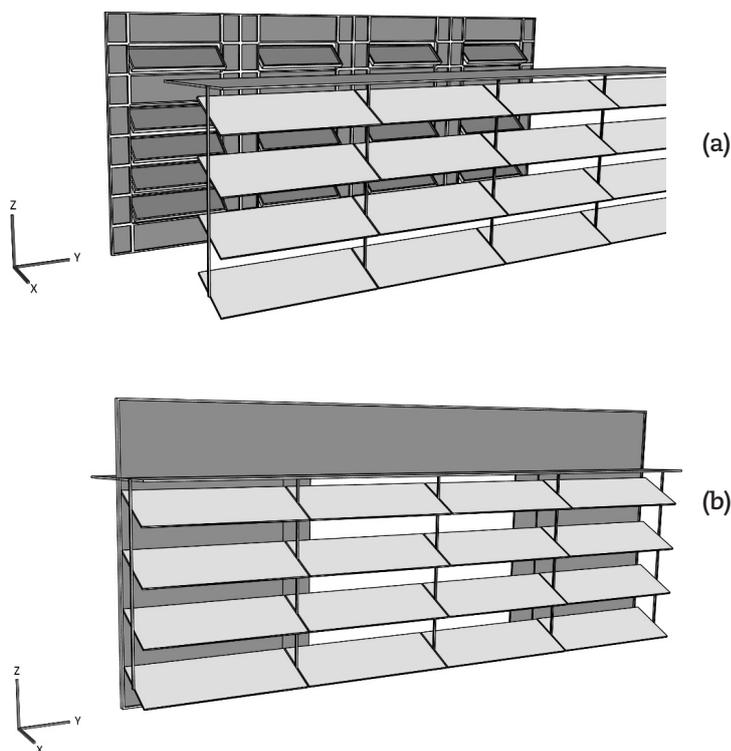
Fonte: Os autores.

Propriedades	Vidro 1	Vidro 2	Uni.
Transmitância da luz visível	0,72	0,67	%
Transmissividade	0,79	0,73	%
Emissividade superficial interna	0,84	0,04	%
Transmitância	5,67	3,23	W/(m <sup>2</sup> K)
Fator solar	0,6	0,35	%
Zonas de ocorrência	3, 5, 6 e 10	1, 2, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 15	

Foram adicionadas ao modelo proteções solares do tipo brise horizontal e prateleiras de luz, nas 8 janelas frontais da edificação [1]. Com este acréscimo busca-se uma melhor distribuição da luz natural no interior das zonas e uma redução dos níveis de ofuscamento, além de um desempenho térmico mais satisfatório. A composição do sistema janela-proteção solar está estruturada na utilização da prateleira como sustentação para os brises [4].

FIGURA 4- – Concepção formal das proteções solares e prateleira de luz (a) e novo modelo de esquadrias com as proteções (b).

Fonte: Os autores.



### Seleção dos parâmetros e formulação do problema

Após análise formal da edificação, foram escolhidos 10 parâmetros que têm relação direta com a distribuição luminosa no espaço e, conseqüentemente, com o desempenho energético [5].

**FIGURA 5--** Parâmetros utilizados na modelagem e suas restrições.

Fonte: Os autores.

Parâmetro	Descrição	Min.	Máx.	Uni.	Tipo
1	Dimensão no eixo X – Bloco 1	10,00	14,00	m	contínua
2	Dimensão no eixo Y – Bloco 1	10,00	14,00	m	contínua
3	Dimensão no eixo X – Bloco 2	14,00	16,00	m	contínua
4	Dimensão no eixo Y – Bloco 2	10,00	14,00	m	contínua
5	Dimensão das aberturas no eixo Z	1,65	2,05	m	contínua
6	Deslocamento do brise em relação à abertura	0,25	1,00	m	contínua
7	Ângulo de abertura dos brises	0	90	°	contínua
8	Refletância dos brises	2,6	88,9	%	discreta
9	Refletância da prateleira de luz	2,6	88,9	%	discreta
10	Profundidade da prateleira de luz	0,40	0,80	m	contínua

Apesar da escolha de uma edificação pré-existente, foi avaliada a possibilidade de expansão dos blocos de forma independente, uma vez que os espaços contidos nos blocos 1 e 2, podem variar no plano bidimensional de forma autônoma, sem que o bloco adjacente sofra alteração de forma ou área. Dois modelos foram criados: um caso base da edificação existente e um caso inicial da otimização. Os parâmetros 6, 7, 8, 9 e 10 [5] estão presentes apenas no modelo utilizado para o processo de otimização, dado que a configuração atual do edifício não possui proteções solares e prateleiras de luz.

Quanto aos parâmetros referentes às proteções solares e às prateleiras de luz, decidiu-se avaliar o afastamento dos brises em relação às suas respectivas aberturas e ângulo de inclinação com o plano horizontal. Com relação às prateleiras de luz, foi escolhido variar a sua profundidade no ambiente interno, considerando um mínimo do ângulo alpha, entre sua extremidade e a parte superior da abertura, de 45° [4b]. A cor dos brises e prateleiras foi parametrizada separadamente, com base nas 78 variáveis discretas de Dornelles (2008), sendo que ao invés da absorvância foi necessária a utilização da refletância das cores. Tal separação visa avaliar a variação e influência dos níveis de refletância nas proteções. O problema da otimização é multiobjetivo, formulado com base na intensidade energética e na iluminância com vistas a minimizar o consumo em energia elétrica com sistemas de ar condicionado e iluminação artifi-

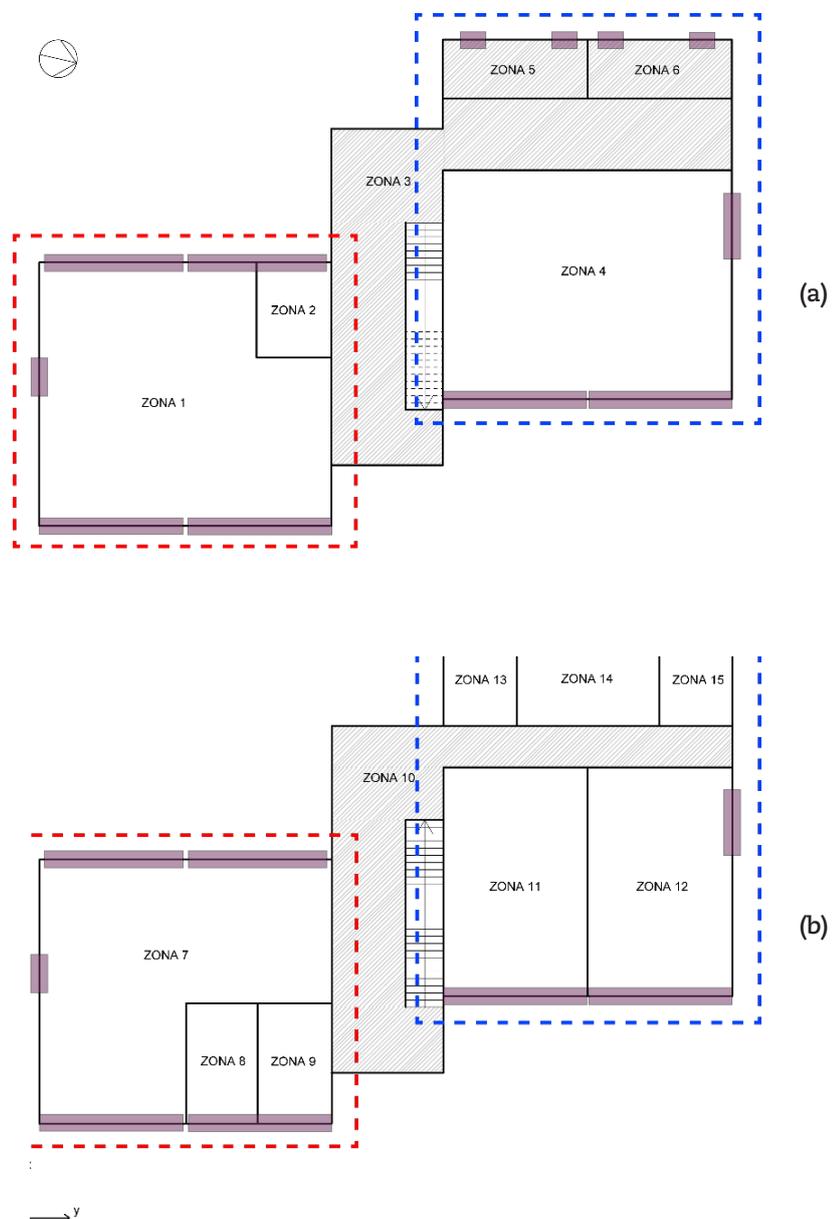
cial e maximizar a ocorrência de iluminâncias úteis da luz natural (Usefull Daylight Illuminance, UDI) entre 300 e 3000lx. A definição dos limites de UDI está baseada nos estudos de Mardaljevic et al. (2012).

### Modelagem

A edificação foi dividida em 15 zonas térmicas, uma para cada ambiente, incluídos os ambientes de permanência prolongada e transitória [6]. Vale ressaltar que as zonas 3 e 10 não foram avaliadas por serem ambientes de permanência transitória, sem requisitos rigorosos de ofuscamento.

FIGURA 6- Bloco 1 (hachurado vermelho) e bloco 2 (hachurado azul) contendo zonas térmicas 1 a 6 correspondentes ao primeiro pavimento (a), 7 a 15 correspondentes ao segundo pavimento (b). Ambientes de permanência prolongada (sem hachura) e ambientes de permanência transitória (hachurados). Os retângulos roxos indicam a posição das aberturas.

Fonte: Os autores.



Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

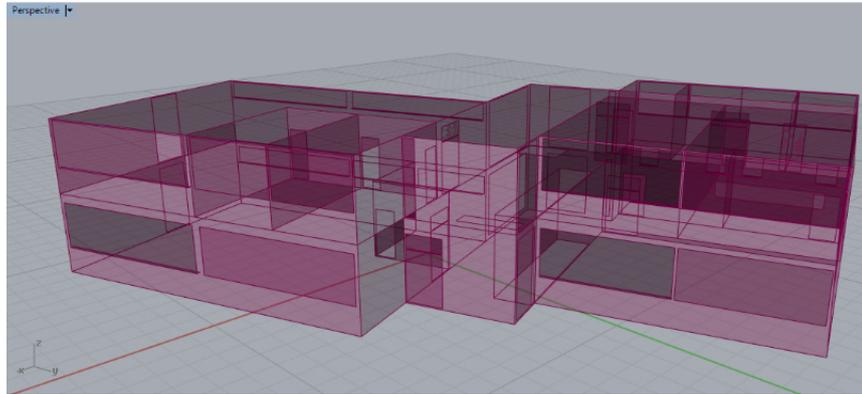
Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms

### Caso base e caso inicial: método de simulação

A edificação foi modelada no software Rhinoceros, por meio da interface de programação visual do plugin Grasshopper [7].

FIGURA 7- Edifício Anexo do DAU, modelado no software Rhinoceros.

Fonte: Os autores.



O plugin DIVA integrado à plataforma de modelagem do Grasshopper, foi escolhido por permitir a realização de simulações dinâmicas por meio do método climate based (NABIL; MARDALJEVIC, 2006). Foram definidos dados básicos de entrada para o DIVA, como altura do plano de avaliação, refletância das superfícies e arquivo climático [8].

FIGURA 8- – Dados de entrada utilizados na simulação luminosa Annual Daylight no DIVA.

Fonte: Os autores.

Item	Descrição	Parâmetro	Entrada	Uni.
Grid	Superfície para análise de distribuição da iluminação	Altura	0,90	m
Obj	Superfícies das zonas, divididas em: paredes, teto, piso, vidros	Refletância	0,70 0,80 0,50 0,79 <sup>1</sup>	%
Loc	Arquivo climático base	_____	Viçosa, MG. TMY2	_____

O plugin Archsim, também integrado ao Grasshopper, foi escolhido para a realização da simulação energética por permitir a acoplagem dos padrões de uso de iluminação artificial gerados pelo DIVA e assim utilizá-los como base para o cálculo do consumo de luz elétrica. O consumo de todas as ambientes de permanência prolongada (APPs) foi analisado, assim como o consumo por iluminação das Zonas 5 e 6, que são banheiros. Os modos de condicionamento artificial e ventilação natural, foram configurados em dois períodos, sendo que os APPs têm condicionamento artificial durante as horas ocupadas do edifício, os ambientes de permanência transitória (APT's) têm condicionamento natural durante as horas ocupadas do edifício e todos os ambientes tem ventilação natural no período noturno nos finais de semana [9].

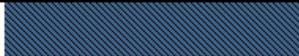
<sup>1</sup> Valor médio da transmissividade dos vidros translúcidos e foscos.

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms

FIGURA 9- Padrões de uso como entrada para o DIVA e Archsim: edificação ocupada e condicionamento artificial ligado (laranja), sem ocupação (hachurado) e ventilação natural (azul).

Fonte: Os autores.

Período	Dias úteis	Fim de semana
00:00 - 08:00		
08:00 - 12:00		
12:00 - 14:00		
14:00 - 18:00		
18:00 - 00:00		

## Processamento

A fase de processamento consiste na realização da otimização do modelo, com base na busca pela solução do problema formulado durante a fase de pré-processamento, por meio de detalhamento dos objetivos e configuração do motor de otimização. O processamento foi dividido em quatro etapas: definição do método de execução e avaliação dos índices a serem maximizados e minimizados; configuração do motor de otimização Octopus; execução da simulação do caso base e inicial; e realização do processo de otimização.

Para a maximização da ocorrência de iluminância útil autônoma (MARDALJEVIC et al., 2012), foram seguidos dois passos: o primeiro consiste em determinar a dimensão da quadrícula da malha que está localizada sobre o plano de trabalho, aqui definida em 1,25m. Após a definição da malha, foi determinada como 0,65 un/m<sup>2</sup> de área condicionada a densidade de sensores<sup>2</sup> utilizados pelo DIVA para análise dos níveis de UDI. Por fim, o valor de UDI-a, obtido após análise das 4639 horas de luz no plano horizontal disponíveis para a cidade de Viçosa-MG, foi dividido pelo número de sensores para a obtenção do UDI médio (UDI<sub>m</sub>). Já o consumo pela área condicionada foi minimizado com base na Intensidade do Uso Energético (EUI, do inglês Energy Use Intensity).

O Octopus é um plugin para Grasshopper que permite a realização de processos de otimização através de algoritmos genéticos. O motor foi escolhido por permitir a realização de processos de otimização multiobjetivo e utilizar o método population-based meta-heuristics por meio de algoritmos genéticos. O motor possui mecanismos de acompanhamento visual de convergência e apresenta as soluções com base na curva de Pareto, que caracteriza um conjunto de soluções tidas como representativas do ótimo para um problema de otimização. O plugin permite também ao usuário manipular diferentes configurações relacionadas à forma de funcionamento dos algoritmos [10].

<sup>2</sup> Os sensores, utilizados pelo DIVA para a realização da simulação luminosa, correspondem aos dispositivos foto sensíveis (pontos medidores) utilizados em medições físicas.

Figura 10- Configurações adotadas para o processo de otimização do Octopus.

Fonte: Os autores.

Configuração	Descrição	Entrada
<i>elitism</i>	proporção de indivíduos que serão mantidos intactos e serão levados para a geração seguinte	0,5
<i>mut. probability</i>	probabilidade de cada parâmetro sofrer mutação durante o processo	0,1
<i>mutation rate</i>	taxa de variação nos valores dos parâmetros, a cada nova solução gerada, quanto maior o valor, maior a variação	0,5
<i>crossover rate</i>	possibilidade de dois indivíduos subsequentes compartilharem parâmetros com os mesmos valores	0,8
<i>population size</i>	número de indivíduos presente em cada geração	70
<i>max generations</i>	número máximo de gerações a serem alcançadas, e quando 0, não há limite	0
<i>record interval</i>	intervalo de gerações no qual um registro histórico é armazenado no computador	1
<i>save interval</i>	intervalo entre as gerações em que o arquivo do <i>Grasshopper</i> <sup>3</sup> é salvo	0
<i>max. eval. time</i>	tempo máximo de avaliação para cada solução, e quando 0, não há limite	0
<i>reduction algorithm</i>	algoritmo utilizado como estratégia para redução do número de indivíduos da curva de Pareto quando o arquivo é muito grande	HypE
<i>mutation algorithm</i>	algoritmo utilizado como estratégia de mutação dos parâmetros	HypE

## Pós-processamento

A partir dos resultados obtidos, foi estabelecida uma metodologia de análise baseada na avaliação da variação dos 10 parâmetros estabelecidos durante o pré-processamento e os objetivos relacionados a iluminância e consumo. As gerações de Pareto determinadas pelo plugin Octopus durante o processo de otimização foram escolhidas como objeto de análise. Foram selecionadas as gerações 0, 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 49, 50, 51, 52 e 53, com uma média de 69 indivíduos por geração, a fim de abranger um campo amostral com maior adensamento nas primeiras e últimas gerações que foram sequenciais. As gerações intermediárias foram usadas para manter a sequência da evolução dos casos, porém selecionadas a cada intervalo de quatro ocorrências. Este procedimento de seleção de gerações foi determinado a fim de observar as principais modificações sofridas durante as gerações, e a partir de outros trabalhos (SANTANA, 2016; FONSECA et al., 2017) é conhecido que as primeiras gerações tendem a sofrer maiores modificações, as intermediárias apresentam mudanças graduais e as últimas tendem a manter estabilidade com relação aos objetivos estabelecidos. Dado o processo de seleção, optou-se por analisar 5 indivíduos de cada geração, correspondentes aos dois extremos dos indivíduos da geração de Pareto, gerada pelo Octopus, o joelho da curva e dois indivíduos intermediários.

<sup>3</sup> Foi definido que o arquivo seria salvo a cada novo indivíduo gerado, garantindo a atualização do arquivo a cada novo processamento.

## Análises e discussões

Os resultados obtidos após as simulações do Caso Base e Inicial permitiram notar uma alteração significativa nos níveis de UDI<sub>m</sub> e, principalmente, no EUI, decorrentes do acréscimo de elementos de proteção solar [11].

Figura 11-Valores iniciais dos parâmetros para os casos base.

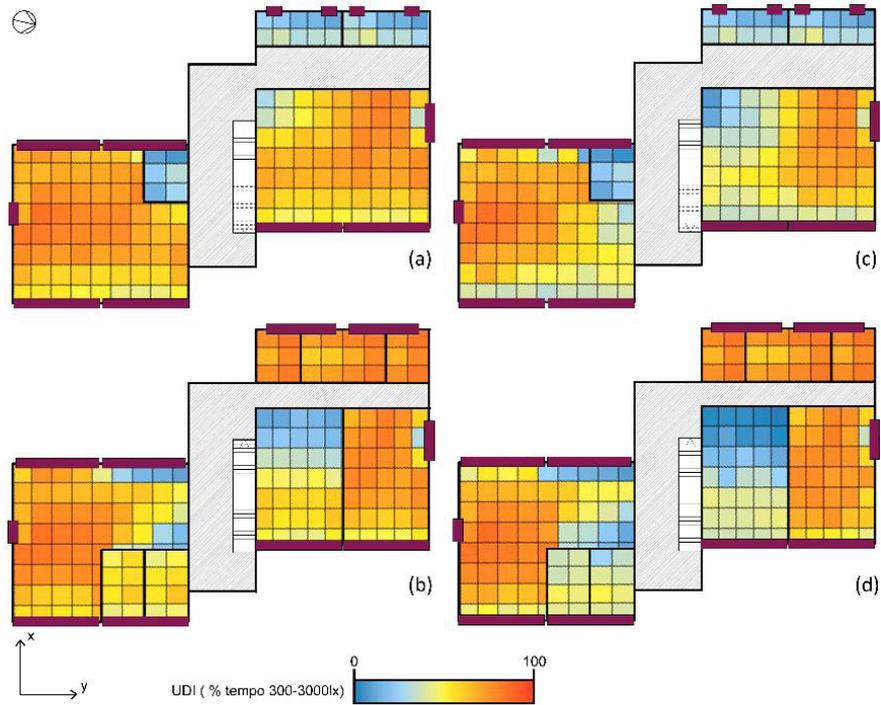
Fonte: Os autores.

Parâmetro	Descrição	Caso Base	Caso Inicial	Uni.	Tipo
1	Dimensão no eixo X – Bloco 1	10,41	10,41	m	contínua
2	Dimensão no eixo Y – Bloco 1	11,47	11,47	m	contínua
3	Dimensão no eixo X – Bloco 2	14,20	14,20	m	contínua
4	Dimensão no eixo Y – Bloco 2	11,36	11,36	m	contínua
5	Dimensão das aberturas no eixo Z	1,65	1,65	m	contínua
6	Deslocamento do brise em relação à abertura	_____	0,25	m	contínua
7	Ângulo de abertura dos brises	_____	90	°	contínua
8	Refletância dos brises	_____	84,2	%	discreta
9	Refletância da prateleira de luz	_____	84,2	%	discreta
10	Profundidade da prateleira de luz	_____	0,40	m	contínua
Área	_____	507,9	507,9	m <sup>2</sup>	
UDI <sub>m</sub>	_____	56	50	%	
EUI	_____	51,6	37,6	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	

A análise dos dados qualitativos gerados pelo DIVA, através da malha de iluminância, permitem a compreensão visual da variação dos níveis de UDI<sub>m</sub> e, principalmente, observar a influência dos elementos de proteção solar e prateleiras de luz na distribuição da luz natural no ambiente [12]. A adição das prateleiras de luz e dos elementos de proteção solar, com a tinta acrílica fosca branca de refletância igual a 84,2% (DORNELLES, 2008), bem como a inclinação do brise igual a 90°, garantiram uma melhor distribuição dos níveis de UDI-a nas zonas. Os elementos de proteção solar tiveram também impacto direto no consumo da edificação por impedirem a entrada de radiação direta nos ambientes, reduzindo as horas de uso dos condicionadores de ar split, e por distribuírem melhor a luz natural, o que diminuiu as horas de uso dos sistemas artificiais de iluminação, levando a uma redução de 27% no EUI.

Figura 12-Distribuição dos níveis de UDI-a no primeiro (a) e segundo pavimento (b), do Caso Base, e no primeiro (c) e segundo pavimento (d), do Caso Inicial (áreas de circulação demarcadas por hachuras e aberturas representadas pelos retângulos roxos).

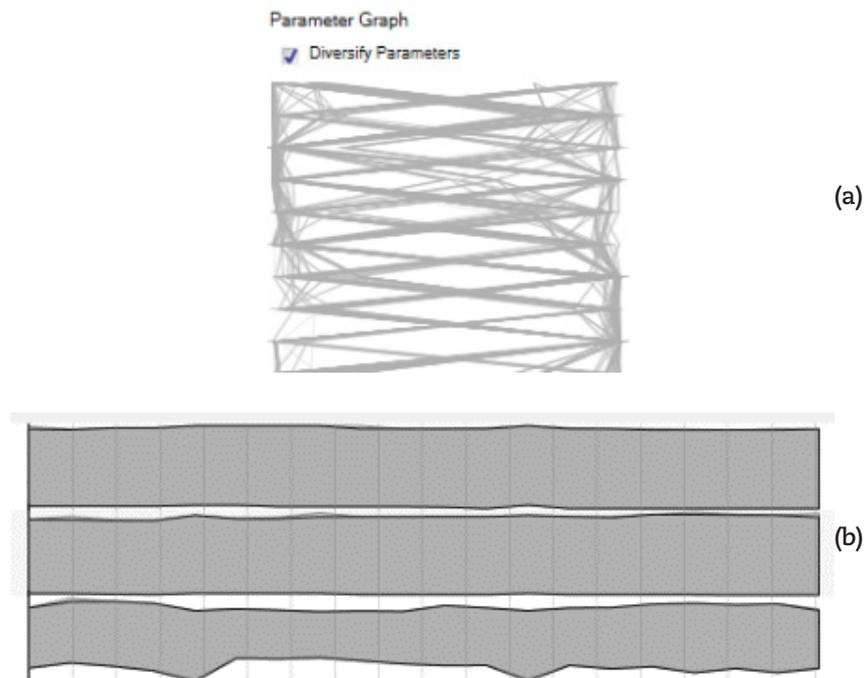
Fonte: Os autores.



O acompanhamento do processo de otimização iniciou-se pela observação dos indicadores visuais de convergência do Octopus. O processo foi encerrado ao término da Geração 53, visto que o indicador de convergência dos objetivos apresentou um alinhamento tendendo a uma constante [13a], enquanto o indicador de convergência dos parâmetros, uma distribuição uniforme, sem grandes dispersões [13b].

Figura 13-Indicadores de convergência dos parâmetros (a) e dos objetivos (b), gerados pelo Octopus.

Fonte: Os autores.



A partir da análise do gráfico de dispersão, que aloca os 7293 indivíduos obtidos em 54 gerações de acordo com os indicadores que compõem os objetivos, é possível observar a tendência de convergência entre UDI<sub>m</sub> e consumo, e a formação da curva de Pareto nas últimas gerações [13]. Como o objetivo deste trabalho é encontrar indivíduos que satisfaçam ao problema estabelecido durante a fase de Pré-Processamento, os melhores casos foram encontrados em situações de maior nível de UDI<sub>m</sub> e menor EUI, ou seja, no joelho da curva de Pareto, que apresenta valores estáveis de intensidade energética, entre 34 e 36 kWh/m<sup>2</sup>, e UDI<sub>m</sub>, entre 56 e 61% [14]. A partir de [14], é possível também perceber a formação de duas massas de concentração, em relação aos níveis de UDI<sub>m</sub>, sendo um grupo com níveis de 20 a 38% e outro com níveis acima de 38%. Tais indivíduos encontram-se distribuídos ao longo de todas as gerações. No entanto, ressalta-se uma maior concentração de indivíduos das últimas gerações no segundo grupo.

Figura 14- Distribuição dos objetivos referentes aos indivíduos que compõem as 54 gerações, em relação a EUI e UDI<sub>m</sub>. Demarcação do grupo 1 (vermelho), grupo 2 (azul) e formação da curva de Pareto (roxo).

Fonte: Os autores.

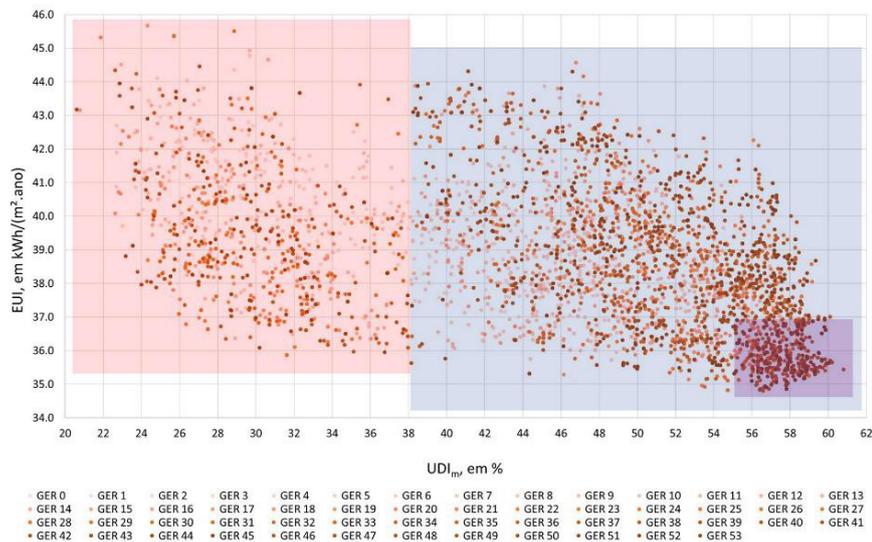
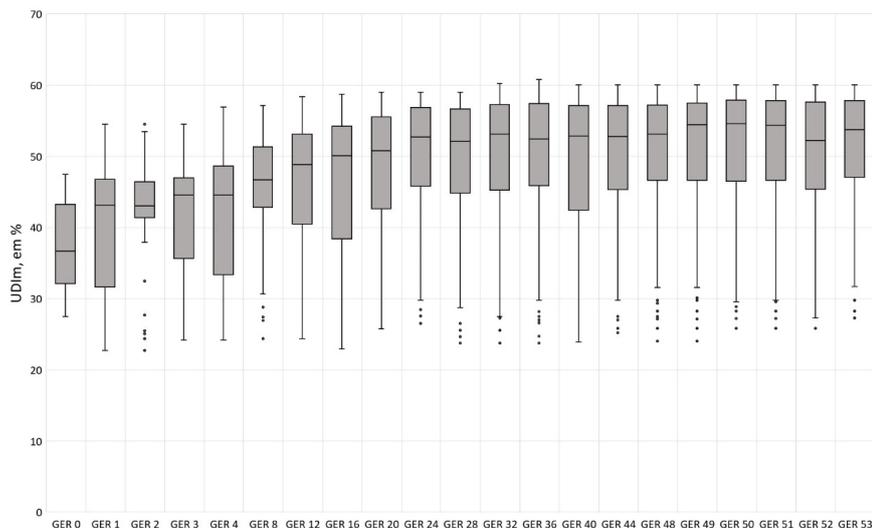
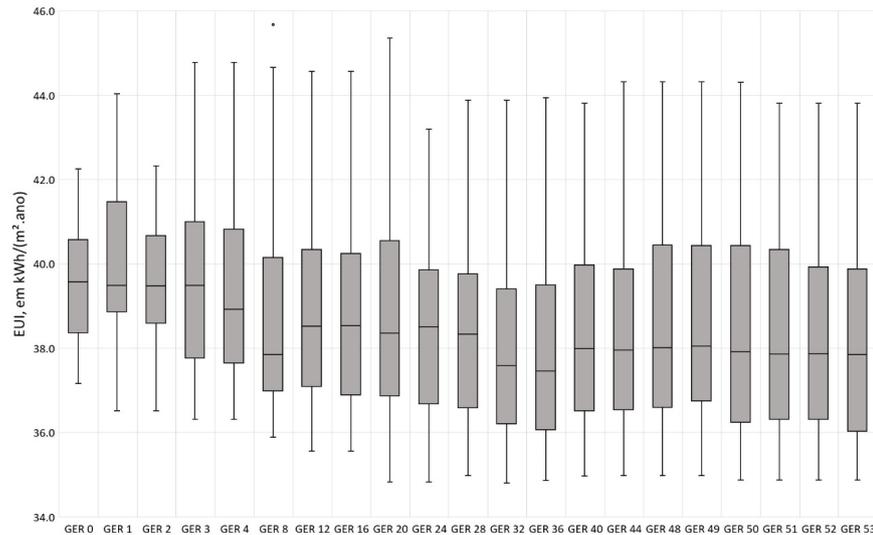


Figura 15- Distribuição dos valores de UDI<sub>m</sub> (a) e EUI (b) ao longo das gerações analisadas.

Fonte: Os autores.



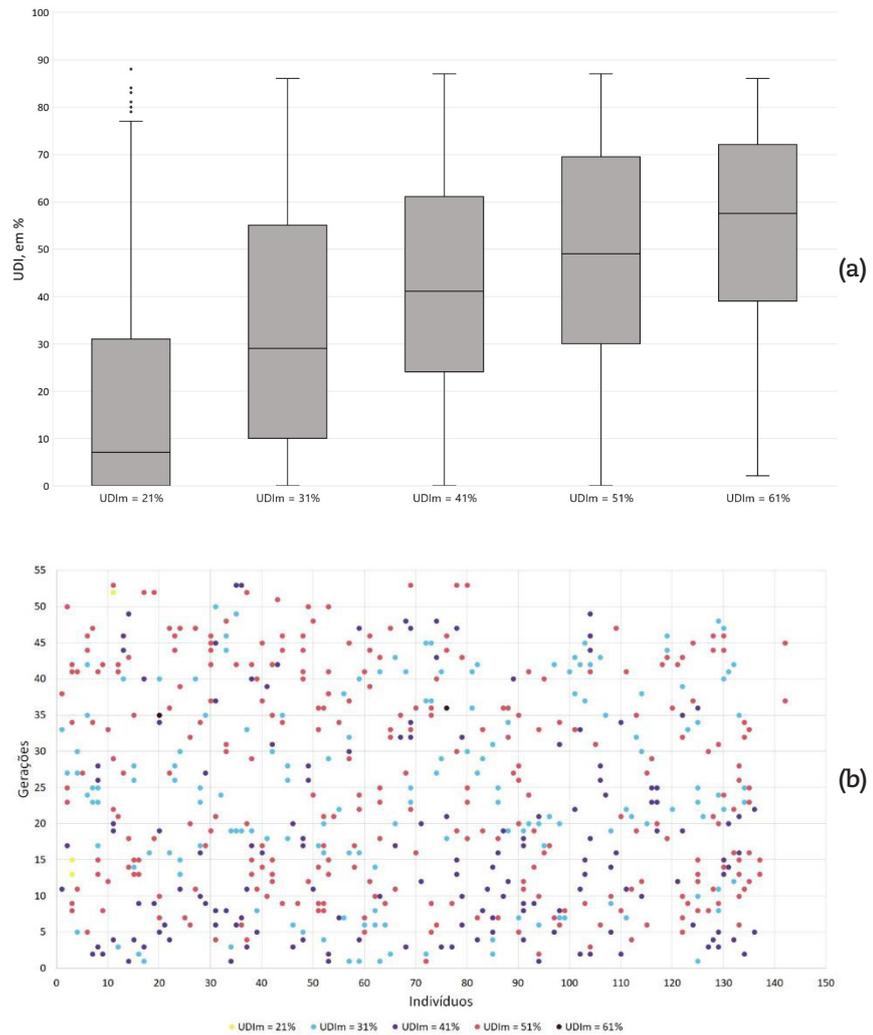


A análise da distribuição dos valores de UDI<sub>m</sub> [15a] permite identificar uma tendência à estabilização a partir da Geração 24, mesmo com o registro de ocorrência de mais da metade dos indivíduos com níveis de UDI<sub>m</sub> acima de 50%, já na geração 16. Com relação à distribuição de EUI [15b], observa-se um aumento na quantidade de indivíduos com níveis abaixo de 40 kWh/(m<sup>2</sup>.ano), sendo que, a partir da Geração 32, mais da metade dos indivíduos apresentam valores abaixo de 38 kWh/(m<sup>2</sup>.ano). A partir da Geração 24, os indivíduos localizados no joelho da curva de Pareto apresentam UDI<sub>m</sub> igual a 59% e 60%, com exceção das Gerações 35 e 36, onde estes apresentam 61%. Entre os casos de maior ocorrência, foi escolhido como o indivíduo ótimo aquele localizado no joelho da curva da Geração 53, com UDI igual a 60% e EUI equivalente a 35,6 kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

Após a obtenção dos valores UDI<sub>m</sub> foram selecionados cinco indivíduos dentre todos os obtidos até a Geração 53 para exemplificar a amplitude dos valores de UDI nos sensores, sendo estes: indivíduo 3, da Geração 13, com UDI<sub>m</sub> = 21% que é o menor valor obtido; indivíduo 17, da Geração 1, com UDI<sub>m</sub> = 31%; indivíduo 14, da Geração 1, com UDI<sub>m</sub> = 41%; indivíduo 44, da Geração 9, com UDI<sub>m</sub> = 51%; e o indivíduo 20, da Geração 35, com UDI<sub>m</sub> = 61% que é o maior valor obtido [16a]. Em [16a], é possível também perceber a tendência de distribuição da UDI de acordo com o valor de UDI<sub>m</sub> obtido, onde mesmo nos indivíduos com maiores UDI<sub>m</sub> existem sensores com níveis de UDI próximos ou iguais a 0. No entanto, os níveis superiores apresentam estabilidade, com valores em torno de 85%. A distribuição dos 5 valores representativos de UDI<sub>m</sub>, ao longo das 55 gerações, permitiu identificar a concentração dos níveis de UDI ao longo do processo, principalmente quando analisada a existência corriqueira de níveis de UDI iguais a 31, 41 e 51% [16b]. É possível também observar o surgimento pontual dos níveis de UDI iguais a 21 e 61%, sendo apenas 3 casos do primeiro e 2 do segundo. O UDI<sub>m</sub> de 21% surge apenas após a 10ª geração e o UDI<sub>m</sub> de 61% ocorre, primeiramente, na Geração 35 [16b].

Figura 16- Distribuição dos níveis de UDI contidos nos sensores de 5 indivíduos representativos dos valores extremos e intermediários de UDIm, referentes aos valores da primeira ocorrência nos indivíduos de Pareto (a) e distribuição dos níveis de UDI, extremos e intermediários, ao longo das gerações (b).

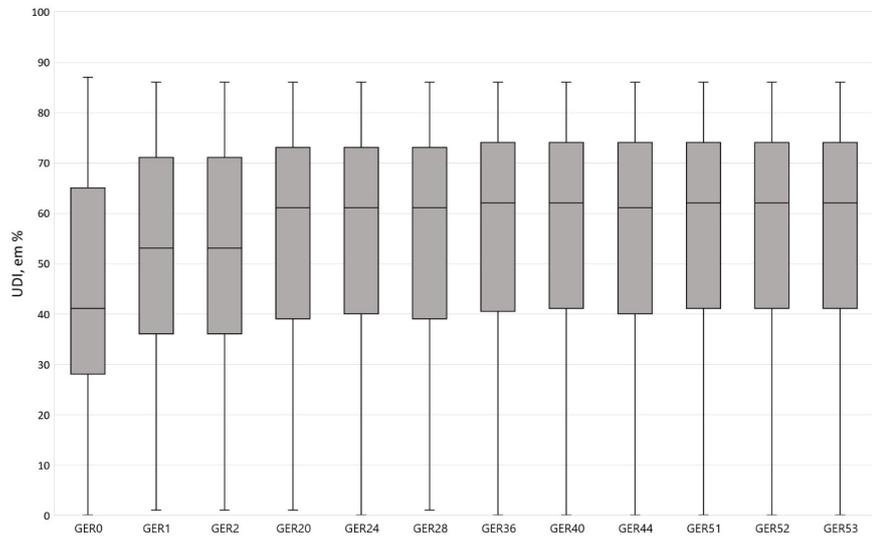
Fonte: Os autores.



A distribuição dos valores de UDI nos sensores foi também realizada para indivíduos localizados no joelho da curva de Pareto de 12 gerações, sendo escolhidas as 3 primeiras, 6 intermediárias e as 3 últimas. Em [17] observa-se a tendência de aumento na quantidade de sensores dentro de faixas mais elevadas de UDI-a, de acordo com o valor médio de UDI encontrado. É possível também perceber que a partir da Geração 1, mais da metade dos sensores já possuem UDI acima de 50%, sendo que da Geração 20 em diante, a distribuição torna-se mais estável e mais de 50% dos indivíduos possuem UDI acima de 60%.

Figura 17- Distribuição dos valores de UDI contidos nos sensores de indivíduos localizados no joelho da curva de Pareto de 12 gerações.

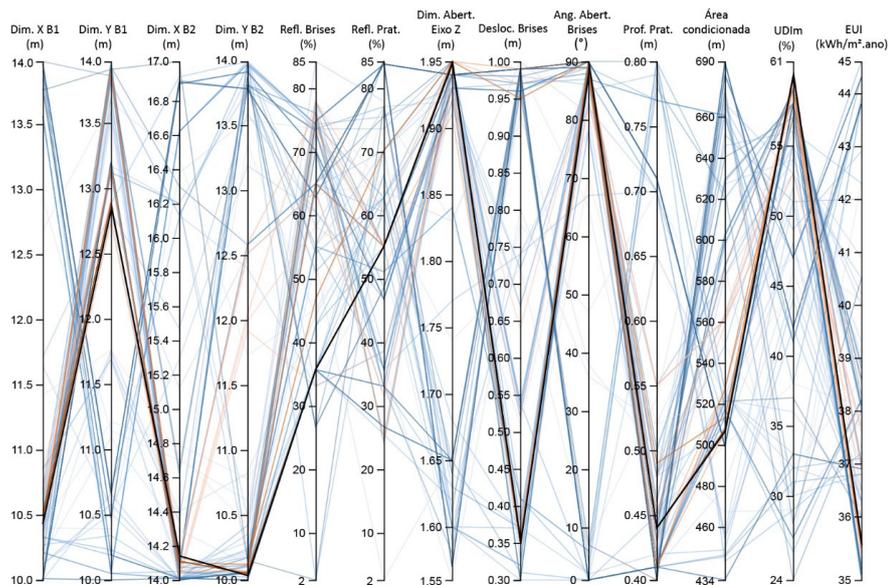
Fonte: Os autores.



A partir da análise do gráfico de coordenadas paralelas [18] é possível identificar visualmente as relações entre a variação dos parâmetros e os objetivos. As concentrações de indivíduos apontam os parâmetros que possuem maior impacto no UDI<sub>m</sub> e EUI, assim, os eixos com menor dispersão de linhas contêm os parâmetros mais impactantes.

Figura 18- Relação entre a variação dos parâmetros, a área das zonas analisadas, UDI<sub>m</sub> e a intensidade energética de casos da curva de Pareto, onde a linha preta demarca o caso ótimo, as linhas cor de laranja representam os joelhos das curvas e as azuis os demais casos selecionados (a variação de intensidade da cor ocorre conforme a geração, sendo as últimas mais escuras, em ambas as cores).

Fonte: Os autores.



Dentre os 10 parâmetros avaliados, o ângulo de abertura das aletas das proteções e a dimensão Z das aberturas, referentes à altura das janelas, foram os parâmetros mais importantes, considerando a orientação da fachada de aproximadamente 15°. Os casos presentes no joelho das curvas de Pareto das gerações analisadas concentram-se em ângulos superiores a 85°, que além de possibilitarem uma maior penetração de luz natural no ambiente, contribuem também para uma maior situação de conforto visual do usuário por permitirem maior visão para o exterior. A variação na dimensão das aberturas foi também fundamental para o alcance de índices elevados de UDI<sub>Im</sub>, uma vez que o aumento de aproximadamente 40 cm na altura das janelas proporcionou um aumento na área de iluminação e ventilação dos APPs. Os melhores indivíduos concentram valores de afastamento das proteções em relação à fachada entre 35 e 40 cm; com exceção dos dois indivíduos que possuem níveis de UDI<sub>Im</sub> iguais a 61%, que apresentam afastamento entre 95 e 100 cm. Quanto à refletância dos brises, é possível observar uma concentração até a Geração 36, com níveis acima de 70% nos casos ótimos, e a partir de tal geração os níveis caem para 35%<sup>4</sup>. As prateleiras apresentaram maior dispersão em relação aos valores de refletância, sendo possível observar uma refletância de entre 50 e 60% para este caso. As variações dimensionais foram pequenas em relação ao caso base, sendo as maiores da ordem de 1 metro. No entanto, quanto às dimensões dos blocos nos eixos X e Y, observou-se a maior influência das dimensões X no Bloco 1, e de X e Y no 2, quando analisados os objetivos.

Figura 19- Relação entre a área de piso e as áreas envidraçadas, entre o caso inicial e o indivíduo localizado no joelho da curva da Geração 53.

Fonte: Os autores.

		$A_{Ab,CI}$ <sup>5</sup>	$A_{Ab,CO}$ <sup>6</sup>	$A_{Pi,CI}$ <sup>7</sup>	$A_{Pi,CO}$ <sup>8</sup>	$Ab/Pi,CI$ <sup>9</sup>	$Ab/Pi,CO$ <sup>10</sup>
<b>Bloco 1</b>	Z1	28	35,9	108,6	122,5	0,3	0,3
	Z2	2,2	2,5	10,7	12,1	0,2	0,2
	Z7	21,6	26,2	92,1	100,2	0,2	0,3
	Z8/Z9	4,2	6	13,6	17,2	0,3	0,3
<b>Bloco 2</b>	Z4	24,8	26,7	102,2	90	0,2	0,3
	Z5/Z6	1,9	1,7	12,9	11,3	0,2	0,2
	Z11	8,5	9,4	51,1	45	0,2	0,2

<sup>4</sup> Existe um grupo de indivíduos com níveis de refletância dos brises em 35%, no gráfico da Figura 18, no entanto, a escolha dos autores por destacar o indivíduo ótimo, em preto, sobrepôs à cor vermelha dos indivíduos representativos das últimas gerações de Pareto.

<sup>5</sup>  $A_{Ab,CI}$  = área de abertura do Caso Inicial.

<sup>6</sup>  $A_{Ab,CO}$  = área de abertura do Caso Otimizado

<sup>7</sup>  $A_{Pi,CI}$  = área de piso do Caso Inicial.

<sup>8</sup>  $A_{Pi,CO}$  = área de piso do Caso Otimizado.

<sup>9</sup>  $Ab/Pi,CI$  = relação entre a área de aberturas e a área de piso do Caso Inicial.

<sup>10</sup>  $Ab/Pi,CO$  = relação entre a área de aberturas e a área de piso do Caso Otimizado.

Z12	16,1	17,1	51,1	45	0,3	0,4
Z13	4,5	4	10,1	8,9	0,4	0,4
Z14	9	8	19,9	17	0,5	0,5
Z15	4,5	4	9,8	8,9	0,5	0,4

A variação das áreas, em [18], permite observar o intervalo ideal, entre 500 e 520 m<sup>2</sup>, representado pela região que contém os casos da curva de Pareto. As áreas acima deste limite obtiveram valores satisfatórios de UDI<sub>m</sub>, acima de 45%, porém apresentaram os maiores consumos, com EUI chegando a 44 kWh/(m<sup>2</sup>.ano). Os indivíduos com áreas inferiores ao limite ideal apresentaram baixos valores de UDI<sub>m</sub>, em torno de 30%, já os índices de EUI foram satisfatórios, e alguns bem próximos aos atingidos pelos melhores indivíduos das últimas gerações. O limite superior, no entanto, tende a ser reduzido, como é visível pela posição dos indivíduos localizados no joelho da curva de Pareto das últimas gerações, adotando valores em torno de 510 m<sup>2</sup>. Em [19] é possível analisar a variação de área de piso por zona, entre o Caso Inicial e indivíduo localizado no joelho da curva de Pareto da Geração 36. A variação na área da dos blocos foi de apenas 1,3 m<sup>2</sup>, tendo o Caso Otimizado uma área final de 506,6 m<sup>2</sup>. A pequena variação das áreas e o aumento na dimensão das aberturas possibilitou o aumento na relação entre a área de aberturas e a área de piso nas Zonas 4, 7 e 12, no entanto, houve uma redução de 10% na mesma relação para a Zona 15.

## Conclusões

Este trabalho permite avançar na utilização de processos de otimização baseada em simulação (OBS) para geração de novas configurações espaciais e volumétricas ideais para uma edificação existente, através de objetivos como EUI e UDI<sub>m</sub>. A abordagem adotada, no entanto, é uma forma simplificada quando comparada às inúmeras maneiras de aplicação de processos de OBS em arquitetura, que vão desde as fases iniciais de projeto a estudos de edificações já existentes, como é o caso deste. Este método simplificado, foi escolhido com vistas a demonstrar a utilização de processos de OBS envolvendo simulação luminosa e energética em uma edificação já construída. No entanto, ressalta-se a possibilidade de aplicação do mesmo método em geometrias diversas à utilizada, com maior complexidade formal e volumétrica, e até mesmo é possível aplicar este método em casos onde o usuário deseja avaliar um maior número de parâmetros, dado o melhor desempenho do algoritmo HypE em situações com maior número de objetivos.

A possibilidade de integração de simulações luminosas dinâmicas realizadas pelo DIVA, e energéticas por meio do Archsim/Energy Plus, permite uma maior apuração dos resultados obtidos, uma vez que a carga térmica para o sistema de condicionamento artificial considera também o uso da iluminação gerado pelo DIVA.

Verificou-se que a adição de proteções solares e prateleiras de luz, mesmo sem variações volumétricas, já resultou em melhorias no desempenho da edificação. Houve uma redução significativa no consumo de energia elétrica com sistemas de ar condicionado e iluminação artificial. A redução de 30% no EUI do Caso Base em relação ao

Inicial, equivalente a 14 kWh/(m<sup>2</sup>.ano), é consequência direta dos elementos de proteção que impedem a incidência de radiação solar direta e das prateleiras que garantem uma melhor distribuição da luz natural.

Os resultados obtidos permitiram identificar melhorias significativas na disponibilidade de iluminação natural e consumo energético da edificação, dado que o modelo final possui cerca de 50% dos sensores com níveis de UDI-a acima de 65% e EUI próximo a 35,5 kWh/(m<sup>2</sup>.ano), uma melhoria de 20% nos níveis de UDI<sub>m</sub> e de 5% no EUI, em relação ao Caso Inicial.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

## Referências

- ASADI, Ehsan; DA SILVA, Manuel Gameiro; ANTUNES, Carlos Henggeler; DIAS Luís. A multi-objective optimization model for building retrofit strategies using TRNSYS simulations, GenOpt and MATLAB. **Building and Environment**, v. 56, p. 370-378, 2012.
- BADER, Johannes; ZITZLER, Eckart. HypE: An Algorithm for Fast Hypervolume-Based Many-Objective Optimization. **Evolutionary Computation**, v. 19, n. 1, p. 45-76, 2011.
- BANOS, R; MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; GIL, C.; ALCAYDE, A.; GÓMEZ, J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 1753-1766, 2011.
- BELLIA, Laura; FRAGLIASSO, Francesca; PEDACE, Alessia. Lighting control systems: factors affecting energy savings' evaluation. **Energy Procedia**, v. 78, p.2645-2650.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 2017 – Ano base 2016**. Relatório Síntese. 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Eficiência Energética em Edificações – Projeto 3E. **Diagnósticos Energéticos: Benchmarking de desempenho energético em edifícios públicos**. Relatório Síntese. 2017. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80051/Site\\_novo/Benchmarking/Relatorio%20Diagnosticos%20Energeticos.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80051/Site_novo/Benchmarking/Relatorio%20Diagnosticos%20Energeticos.pdf)>. Acesso em: 09 fev. 2018.
- BROTAS, Luisa; RUSOVAN, Danijel. Parametric daylight envelope. In: PLEA2013 - Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, 29., 2013. Munique. **Proceedings...** Munique, 2013.
- CARTANA, Rafael Prado; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkey; BERTÉ, Eduardo João. Avaliação de desempenho térmico e lumínico de elementos de controle solar projetados através de modelagem paramétrica. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16., 2016. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2016. p. 604-619.
- CARTANA, Rafael Prado; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkey; MAYER, Adir. Estudo piloto para análise de elementos de controle solar com formas complexas. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído, 14. e 10., 2017. Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú, 2017. p. 1684-1693.

DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, out./dez 2010.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EVINS, Ralph. A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 230-245, 2013.

FONSECA, L. P. G. et al. Otimização multiobjetivo das dimensões dos ambientes de uma residência unifamiliar baseada em simulação energética e estrutural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 267-288, mar. 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212017000100267&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000100267&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 14 ago. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100135>.

GAGNE, Jaime; ANDERSEN, Marilynne. A generative facade design method based on daylighting performance goals. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 5, n. 3, p. 141-154, 2011.

GAVIRIA, Laura Rendón; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; MIZGIER, Martín Ordenes. Influência da configuração urbana na geração fotovoltaica com sistemas integrados às fachadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 7-23, out./dez 2013.

GHOBAD, Ladan; ARDAKAN, Aho Malekafzali; HU, Jianxin; PLACE, Wayne. Comparison of Climate-Based Daylighting in Two Integrated Simulation Tools: DIVA and OpenStudio. In: PLEA2013 - Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, 29., 2013. Munique. **Proceedings...** Munique, 2013.

GONZÁLEZ, Javier; FIORITO, Francesco. Daylight Design of Office Buildings: Optimisation of External Solar Shadings by Using Combined Simulation Methods. **Buildings**, v. 5, n. 2, p. 560-580, 2015.

GRANADEIRO, Vasco; DUARTE, José Pinto; PALENSKY, Peter. Building envelope shape design using a shape grammar-based parametric design system integrating energy simulation. In: AFRICON, 2011. Zâmbia. **Anais...** Zâmbia: IEEE, 2011. p. 327-345.

GRANADEIRO, Vasco; PINA, Luis; DUARTE, José P.; CORREIRA, João R.; LEAL, Vítor M. S. A general indirect representation for optimization of generative design systems by genetic algorithms: Application to a shape grammar-based design system. **Automation in construction**, v. 35, p. 374-382, 2013.

JAKUBIEC, J. Alstan; REINHART, Christoph F. DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D, Daysim and EnergyPlus. In: Conference of International Building Performance Simulation Association, 12., 2011. Sydney. **Proceedings...** Sydney, 2011.

MAGNIER, Laurent; HAGHIGHAT, Fariborz. Multiobjective optimization of building using TRNSYS simulations, genetic algorithm, and Artificial Neural Network. **Building and Environment**, v. 45, p. 739-746, 2010.

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? In: Building Simulation and Optimization Conference, 1., 2012. Loughborough. **Anais...** Loughborough: IBPSA, 2012. p. 189-196.

MOHSENIN, Mahsan; HU, Jianxin. Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling. **Solar Energy**, v. 119, p. 553-560, 2015.

Modelagem paramétrica e desempenho da edificação: otimização baseada em simulação luminosa e energética através de algoritmos genéticos.

Parametric modeling and building performance: lighting and energy simulation based optimization through genetic algorithms

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: a new paradigm for assessing daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, v. 37, n. 1 p. 41-49, 2005.

NABIL, Azza; MARDALJEVIC, John. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v. 38 p. 905-913, 2006.

NGUYEN, Anh-Tuan; REITER, Sigrid; RIGO, Philippe. A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. **Applied Energy**, v. 113, p.1043-1058, 2014.

OMIDFAR, Azadeh. A methodology for designing contemporary high performance shading screen-the integration of 'form' and the DIVA simulation tool. In: Conference of International Building Performance Simulation Association, 12., 2011. Sydney. **Proceedings...** Sydney, 2011.

SANTANA, L.O; GUIMARÃES, Í.B.B; CARLO, J.C., 2015. Parametrização aplicada ao desempenho energético de edificações. **V!RUS**, São Carlos, n. 11, 2015.

SANTANA, Laila Oliveira. **Otimização multiobjetivo de edificações residenciais energeticamente eficientes por meio de algoritmos genéticos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TAGLIARI, Ana; FLORIO, Wilson. Fabricação Digital de Superfícies: Aplicações da Modelagem Paramétrica na Criação de Ornamentos na Arquitetura Contemporânea. In: SIGRADI, 13., 2009. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009. p. 59-61.

TORRES, Santiago L.; SAKAMOTO, Yuzo. Facade design optimization for daylight with a simple genetic algorithm. In: International Building Performance Simulation Association Building Simulation Conference, 11., 2007. Beijing. **Proceedings...** Beijing, 2007. p. 1162-1167.

TURRIN, Michela; VON BUELOW, Peter; STOUFFS, Rudi. Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 4, p. 656-675, 2011.

VENÂNCIO, Raoni; PEDRINI, Aldomar. Investigando o projeto de envoltória: questionário sobre prática arquitetônica e desempenho térmico. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 11. E 7., 2011. Búzios. **Anais...** Búzios, 2011. p. 1-10.

WEISS, Ticiania; TAMURA, Cintia; KRÜGER, Eduardo L. Uso de simulação computacional como suporte a um estudo de iluminação natural em câmara climática. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído, 13. e 9., 2015. Campinas. **Anais...** Campinas, 2015. p. 1-10.

WORTMANN, Thomas. Model-based Optimization for Architectural Design: Optimizing Daylight and Glare in Grasshopper. **Technology|Architecture + Design**, v. 1, p. 176-185, 2017.

WORTMANN, Thomas. OPOSSUM: Introducing and Evaluating a Model-Based Optimization Tool for Grasshopper. In: International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 22., 2017. Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong, 2017. p. 283-293.

WORTMANN, Thomas; NANNICINI, Giacomo. Black-Box Optimization Methods for Architectural Design. In: International Conference of the Association for Computer-

-Aided Architectural Design Research in Asia, 21., 2016. Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong, 2016.

WORTMANN, Thomas; WAIBEL, Christoph; NANNICINI, Giacomo; EVINS, Ralph; SCHROEPFER, Thomas; CARMELIET, Jan. Are Genetic Algorithms Really the Best Choice for Building Energy Optimization? In: SimAUD, X., 2017. Toronto. **Proceedings...** Toronto, 2017. p. 51-58.

**DATA DA SUBMISSÃO DO ARTIGO: 16/07/2018 APROVAÇÃO: 06/08/2018**

#### **RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS**

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

CADERNOS  
**PROARQ 30**

ANA REGINA MIZRAHY CUPERSCHMID, ANA LÚCIA CERÁVOLO, MARINA GRAFT GRACHET, JÚLIO CÉSAR FRANCO  
JÚNIOR E MARCIO MINTO FABRÍCIO

## Casa de Vidro: BIM e Gestão do Patrimônio Histórico Arquitetônico

*Casa de Vidro: Architectural Heritage Management Assisted by BIM*

**Ana Regina Mizrahy Cuperschmid**

Professora Adjunta na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), UNICAMP. Pós-doutorado na Fec/UNICAMP e Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), USP. Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidades – UNICAMP (2014); Mestre em Artes – UNICAMP (2008), especialista em Gestão de Projetos (2004) e graduação em Arquitetura e Urbanismo - UFV (1999). Desenvolve pesquisa centrada no uso criativo e colaborativo de tecnologias digitais em arquitetura. Tem lecionado, conduzido pesquisas e publicado em áreas sobre o uso de Realidade Aumentada e Building Information Modeling (BIM).

*Adjunct Professor at the School of Civil Engineering, Architecture and Urbanism (FEC), UNICAMP. Post-doctorate at FEC/UNICAMP and Institute of Architecture and Urbanism (IAU), USP. Ph.D in Architecture, Technology and City - UNICAMP (2014); master's degree in Art - UNICAMP (2008), MBA in Project Management (2004) and bachelor's degree in Architecture and Urbanism from Federal University of Viçosa (1999). Her research centers upon the creative and collaborative use of digital technology in architectural and urban design. She has taught, conducted research, and published in the areas of IT impact on design and construction, specially studying Augmented Reality and Building Information Modeling (BIM).*

**fale@anacuper.com**

**Ana Lúcia Cerávolo**

Pós-doutorado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo (USP), professor universitário e pesquisador. Arquiteto e Urbanista (1995), mestrado (2000) e doutorado (2010) em Teoria e História da Arquitetura pela Universidade de São Paulo. Possui experiência em gestão de políticas públicas para a preservação do patrimônio cultural, tendo coordenado ações de propriedade cultural no Município de São Carlos (SP), por mais de dez anos, como Diretor Presidente da Fundação Pró-Memória de São Carlos. Fundação da Memória, 2001-2012). Coordenei e realizei diversos trabalhos de restauração e manutenção, bem como projetos de conservação de construções e propriedades históricas, dos quais se destacam e são autores do livro “Interpretações do patrimônio”.

*Post-doctorate at Instituto de Arquitetura e Urbanismo (USP), University teacher and researcher. Architect and Urban Planner (1995), Master's Degree (2000) and Ph.D. (2010) in Theory and History of Architecture from the Universidade de São Paulo (University of São Paulo). Possesses experience in public policies management for the preservation of cultural heritage,*

*having coordinated cultural property actions in the Municipality of São Carlos (SP), for over ten years, as President Director of the Fundação Pró-Memória de São Carlos (São Carlos Pro-Memory Foundation, 2001-2012). Coordinated and performed various restoration and maintenance works, as well as projects for the conservation of constructions and historic real properties, from which the following stand out and author of the book “Interpretações do patrimônio”.*

**anaceravolo@gmail.com**

#### **Marina Graf Grachet**

Graduação em andamento em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Iniciação científica no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (2015) explorando aplicações da tecnologia de Realidade Aumentada na construção civil. Estudos complementares com foco em Gestão de Projetos e Informática na Construção na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2017).

*Civil Engineering undergraduate student at Sao Carlos School of Engineering, University of Sao Paulo. Scientific initiation at Architecture and Urbanism Institute, University of Sao Paulo (2015) exploring applications for Augmented Reality in the field of construction. Complementary studies focusing on Project Management and Informatics in Construction at University of Porto's Faculty of Engineering (2017).*

**marina.grachet@gmail.com**

#### **Júlio César Franco Júnior**

Mestrando em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP). Graduado em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Iniciação científica no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (2014) centrada em aplicações móveis para especificação de materiais de construção civil. Desenvolve pesquisa focada em Building Information Modeling (BIM) e aerofotogrametria para infraestrutura urbana.

*Master student at Architecture and Urbanism Institute, University of Sao Paulo. Civil Engineer graduated at Sao Carlos School of Engineering, University of Sao Paulo. Scientific Initiation at Architecture and Urbanism Institute, University of Sao Paulo (2014) focused on mobile applications for construction materials specification. His current research explores Building Information Modeling (BIM) and aerial photogrammetry for urban infrastructure.*

**julio.frc@gmail.com**

**Márcio Minto Fabricio**

Livre-Docente em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC USP (2008), Doutor em engenharia pela Escola Politécnica da USP (2002), Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela EESC USP (1996), Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos (1993). Professor da graduação, mestrado e doutorado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAUUSP). Líder do grupo de pesquisa Arquitetura, Inovação e Tecnologia (Arquitec).

*Lecturer in Architecture, Urbanism and Technology from the School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo - EESC USP (2008), Doctor of Engineering from the Polytechnic School of USP (2002), Master in Architecture and Urbanism from EESC USP (1996), Civil Engineer from the Federal University of São Carlos (1993). Professor at the undergraduate, master's and doctoral Architecture and Urbanism Institute, University of São Paulo (IAU USP). Leader of the research group Architecture, Innovation and Technology (Arquitec).*

**marcio@sc.usp.br**

### Resumo

O artigo discute as tecnologias e processos de utilização da Modelagem da Informação da Construção (BIM) para registro histórico do patrimônio edificado. Apresenta uma revisão bibliográfica sobre Historical Building Information Modeling (HBIM) e contempla um estudo de caso, em que é discutido e avaliado de maneira crítica o uso de tecnologias BIM para gestão da conservação bem como, para suporte da documentação das informações construtivas e da manutenção da edificação. Esta pesquisa está inserida no Projeto de Pesquisa “Casa de Vidro: an icon of modern architecture and conservation” que tem como objeto a elaboração de um plano de conservação para a Casa de Vidro, antiga residência da arquiteta Lina Bo Bardi e Pietro M. Bardi, construída nos anos 1950 em São Paulo. A partir dos projetos e documentos históricos do imóvel foi produzido um modelo BIM, com ênfase no estado de conservação atual da Casa de Vidro. Esse modelo serve de base para inserção de dados e informações colhidas no inventário do imóvel que viabilizem a sua conservação preventiva. As tecnologias BIM avaliadas se mostraram pouco flexíveis para registro de informações ambíguas ou estimadas a partir de registros históricos incompletos e levantamentos em edifícios nos quais a ação do tempo deixou suas marcas na forma de deformações e desgastes. A principal contribuição deste trabalho é a avaliação crítica do processo de implementação de BIM para fins de conservação de uma edificação moderna tombada, com destaque para as ações que possibilitaram a utilização de diversos sistemas para ações de documentação, gestão da operação e manutenção.

**Palavras-chave:** Historical Building Information Modeling - HBIM. Casa de Vidro. Lina Bo Bardi. Operação e manutenção de patrimônio.

### Abstract

*This article discusses the technologies and processes of using Building Information Modelling (BIM) for historic record of built heritage. It presents a bibliographic review about Historical Building Information Modelling (HBIM) and contemplates a case study, in which it is critically discussed and assessed the use of BIM technologies for conservation management, as well as for assistance of construction information documentation and building maintenance. This research is part of the Research Project “Casa de Vidro: an icon of modern architecture and conservation”, which aims the development of a conservation plan for Casa de Vidro, former residence of architect Lina Bo Bardi and Pietro M. Bardi, built in the 1950s in Sao Paulo. From historical projects and documentation, a BIM model was designed emphasizing the current conservation state of the property. The model serves as a base for input of data and information from the property inventory, providing the means for its preventive conservation. The BIM technologies assessed demonstrated little flexibility for the record of information that are ambiguous or estimated from incomplete historic data and for the survey in buildings throughout which time has left its marks in the form of deformations and deteriorations. The main contribution of this work is the critical evaluation of the implementation process of BIM for the benefit of preserving a modern heritage building, with special highlight to the actions undertaken to enable the use of several systems for documentation, operation management and maintenance.*

**Keywords:** Historical Building Information Modeling - HBIM. Casa de Vidro. Lina Bo Bardi. Operation and maintenance.

## Introdução

O presente trabalho é uma parceria do Instituto Lina Bo e Pietro Maria Bardi (ILBPMB) com o Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), da Universidade de São Paulo (USP), para a elaboração de um plano de conservação e gestão para a Casa de Vidro, financiado pela Getty Foundation no edital “Keeping It Modern” 2016-7<sup>1</sup>.

Desenhada pela arquiteta Lina Bo Bardi, entre 1949 e 1950<sup>2</sup>, a Casa de Vidro [1] serviu de habitação para ela e seu marido, Pietro Maria Bardi, desde sua conclusão, em 1952, até a morte de ambos, no início e final dos anos 1990. A casa acompanhou a trajetória brasileira destes italianos que chegaram ao Brasil em 1946, permanecendo no país pelo resto de suas vidas.

FIGURA 1- Casa de Vidro, projeto Lina Bo Bardi, São Paulo-SP, 1950-2.

Fonte: Os autores, 2016.



Localizada em uma área de 7000 m<sup>2</sup>, a casa compõe um particular conjunto com o conteúdo de seus interiores – uma rica coleção de obras de arte culta e popular, móveis, livros e documentos – e do seu exterior: os jardins, a garagem, a casa do caseiro e o estúdio.

A casa foi o primeiro projeto construído por Bo Bardi. A arquiteta, naquele momento com 38 anos, havia, até então, conseguido concretizar apenas seus projetos para alguns móveis e interiores, sobretudo museografias e exposições. A casa foi a oportunidade para materializar ideias que ela vinha acumulando sobre arquitetura (ANELLI, 2011, p. 2).

Um dos símbolos da arquitetura moderna brasileira dos anos 1950, a casa foi objeto de dezenas de publicações no Brasil e no exterior, selecionada com destaque entre os projetos escolhidos por Henrique Mindlin para o livro *Arquitetura Moderna no Brasil*, referência historiográfica para a história da arquitetura moderna brasileira.

<sup>1</sup> A pesquisa como um todo envolve pesquisadores brasileiros e da Universidade de Ferrara, na Itália, é coordenado pelo Prof. Titular Renato Luis Sobral Anelli, conforme detalhado no site: <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqbras/casadevidro/index.php/casa-de-vidro/2-3-estrutura/>.

<sup>2</sup> As datas que envolvem projeto, construção e ocupação da Casa estão sendo objeto de pesquisa no âmbito do projeto em andamento, cuja análise está sendo realizada pela Profa. Dra. Aline Coelho Sanches Corato, coordenadora da pesquisa histórica.

*Como o terreno tem uma inclinação muito acentuada, a frente foi construída com pilotis, com a parte de trás apoiada no solo. Em contraste com o aspecto maciço desta última, a frente é uma caixa extremamente leve em concreto armado, envidraçada em três lados, e apoiada em tubos de aço sem costura. Para acentuar a ligação com o sol e a paisagem, as grandes janelas do living não têm balaustrada de proteção. O pátio atravessa o meio do living, propiciando ventilação cruzada nos dias quentes: no seu centro uma velha árvore, que ali já existia, coberta de heras e flores, emerge do solo para se tornar parte do ambiente (MINDLIN, 1999, p. 64).*

A Casa é reconhecida como patrimônio cultural brasileiro, sendo tombada no âmbito federal, estadual e municipal, desde 1986, quando foi concluído o tombamento estadual com parecer final do arquiteto Marco Antonio Tabet. O tombamento foi solicitado pelo casal Bardi e foi base para os demais processos.

O projeto de conservação e gestão da Casa de Vidro exigiu das equipes um levantamento inicial para inventariar a edificação principal, os edifícios anexos e o jardim. A equipe que trabalhou com Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM) recebendo informações das demais equipes para construção e alimentação do modelo BIM, tendo realizado verificações in loco para a coleta de dados e detalhes necessários.

Nessa perspectiva, um dos desafios do projeto é, a partir dos dados inseridos no modelo, extrair um inventário completo do imóvel com todas as informações de patologias e seus tratamentos num modelo único que integre todas as equipes e suas metodologias próprias de levantamentos e sistematizações. Busca-se um inventário que seja alimentado continuamente e sirva como um plano de gestão do conjunto arquitetônico e paisagístico que denominamos como Casa de Vidro.

O inventário de um bem patrimonial é um registro momentâneo, como uma fotografia. Revela o instante no qual os dados foram coletados e independem do suporte ou tecnologia utilizadas. As informações desse registro alimentam decisões para elaboração de políticas públicas, processos de tombamento e projetuais também.

No Brasil, o inventário é um instrumento constitucional e legal de preservação, conforme definido em 1988 pela Constituição Federal. O artigo 216, parágrafo primeiro, estabelece que “O Poder Público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação”.

Essa conotação do inventário como forma de acautelamento e preservação possibilita nos conectar com a própria história do patrimônio no Brasil e com a noção plural de patrimônio elaborada por Mário de Andrade:

*(...) a semente de uma noção de patrimônio ampla e plural que procurava abarcar todas as manifestações do povo brasileiro foi plantada e gestada por Mário de Andrade, sobretudo na experiência do Departamento de Cultura (1935-1938). Imortalizada no conceito de arte patrimonial que o poeta elaborou no Anteprojeto para criação do Serviço do Patrimônio Artístico Nacional, em 1936, é vetor de sua consciência da diversidade da cultura brasileira (NOGUEIRA, 2007, p. 257).*

Assim, o inventário é um documento para conhecer o bem em sua integralidade, definir políticas para sua conservação e, ao mesmo tempo, proteger o bem inventariado. Num sentido mais amplo, o inventário oferece as bases para valorar o bem em seus aspectos materiais e imateriais.

Existem hoje no país diversas metodologias de elaboração de inventários. No entanto, independente da metodologia adotada, consideramos que a definição de uma política de conservação preventiva exige mais que um inventário tradicional. Para a conservação preventiva, o inventário é apenas o início do processo de documentação e avaliação dos procedimentos empregados no bem. Além dele, faz-se necessária uma metodologia que permita a gestão constante das informações e alimentação contínua da base de dados para a manutenção do imóvel e preservação dos seus valores culturais, sem intervenções agressivas à integridade do patrimônio.

BIM surge como um processo que, além de possibilitar o registro do estado atual do bem, tem o potencial de integrar as informações de fontes diferentes, facilitando a gestão das medidas de conservação necessárias à preservação do mesmo.

Nesse sentido, a conservação engloba os processos e cuidados a um ambiente construído com intuito de manter seu significado cultural. Sendo a manutenção tida como um cuidado contínuo para a proteção do bem que se distingue da reparação, que por sua vez, envolve restauro ou reconstrução (ICOMOS AUSTRÁLIA, 1999).

Para a realização dos levantamentos documentais sobre o estado do imóvel, pode-se lançar mão de inúmeros recursos: levantamento fotográfico, escaneamento 3D a laser, fotogrametria, medições, testes laboratoriais, etc. Contudo, o desafio é não precisar fazer esse mesmo procedimento periodicamente, mas sim estabelecer uma rotina para avaliar como a edificação se comporta em relação às intervenções para manutenção, construindo um processo no qual as intervenções corretivas no bem sejam desnecessárias.

Esse processo deve diminuir as distâncias de um quadro de “excessiva especialização profissional” que se verifica no Brasil como caracterizado por Azevedo (2005), que conduz “a intervenções confusas, em que não se entende bem que valores se pretendem resgatar e que critérios são adotados”.

Como explicita o autor:

***Temos, de um lado, restauradores com boa preparação tecnológica, mas deficiente formação em história da arte e escassa experiência de projeção arquitetônica. De outro lado, há bons projetistas que desconhecem os critérios e possibilidades da restauração e não conseguem dialogar com o monumento. Em muitos casos, as soluções ficam a dever ao monumento, ou pelo caráter simplório das intervenções, ou pela extravagância das mesmas. Em ambos os casos o monumento sai perdendo (AZEVEDO, 2005, p. 22).***

Essa circunstância, de certa maneira, dificulta a avaliação da correção das intervenções e remete à necessidade de definirmos procedimentos mais claros em relação à documentação e gestão dos documentos de apoio à manutenção.

Os métodos tradicionais de documentação são insuficientes para integrar informações relacionadas à manutenção e operação com o modelo da edificação que sejam

atualizados e reavaliados constantemente. O emprego das tecnologias que operam na plataforma BIM pode auxiliar no processo de gestão de patrimônio arquitetônico, permitindo documentar o estado de conservação, ações de restauro e gestão da manutenção de edifícios do patrimônio arquitetônico. Na teoria, parece ser um instrumento eficiente, na prática, porém, encontramos diversas dificuldades que abordamos e discutimos nesse artigo.

## BIM e patrimônio arquitetônico

O patrimônio histórico é reconhecido como um valioso recurso cultural que precisa ser preservado. As tecnologias digitais têm um importante papel para auxiliar na preservação do patrimônio arquitetônico. A utilização de instrumentos e métodos para reconstrução virtual da edificação de interesse histórico abre novas possibilidades para conservar a memória do edifício e, também, para sua manutenção e operação.

Modelagem da Informação da Construção (BIM) de acordo Eastman et. al. (2014, p. 13) "... é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção". Penttilä (2006, apud. SUCCAR, 2009) define BIM como "...um conjunto de políticas, processos e tecnologias que integram, gerando uma metodologia para gerenciar os dados essenciais do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício".

O uso de tecnologias que operam na plataforma BIM permite a combinação de modelos virtuais com informações consolidadas que, de outra maneira, seriam muito difíceis de serem integradas em uma única base de dados. Os modelos BIM têm potencial para serem utilizados para a gestão da edificação, incluindo a operação e a manutenção, reforma, requalificação da edificação, ou a ainda o registro de edificações existentes (históricas ou não) para fins de documentação arquitetônica (GROETELAARS, 2015). Sua utilização durante a fase de uso e operação pode proporcionar "conhecimento e acompanhamento proativo das condições das edificações e instalações" (CBIC, 2016, v1, p. 53).

O uso do BIM se expandiu para além da gestão de novas construções e, hoje em dia, representa uma oportunidade para documentação e gestão de conservação de patrimônio (BRUMANA et al., 2013).

O termo Historical Building Information Modeling (HBIM) vem sendo adotado quando o foco é o uso de BIM em edificações de patrimônio histórico (GROETELAARS, 2015). A abordagem de HBIM pode ser considerada fundamental para reunir todas as informações valiosas coletadas nas etapas de levantamento e impedir que elas se percam (BRUMANA et al., 2013), além de permitir que as inconsistências entre documentos de projeto e a edificação existente sejam evidenciadas (DEL GIUDICE; OSELLO, 2013).

Corroborando, HBIM tem o potencial de reduzir a dispersão de informações e permitir que o compartilhamento de informações entre os agentes seja mais eficiente (GARCÍA-VALLDECABRES; PELLICER; JORDAN-PALOMAR, 2016; DEL GIUDICE; OSELLO, 2013). HBIM pode ser útil para comunicar e explicar o valor técnico e histórico de um edifício, assim como para gerenciar, manter e realizar intervenções no edifício (WU et al., 2013, MANSIR; MUHAMMAD; KASIM, 2016), prevenir riscos (YAJING; CONG, 2011) e, também, para permitir simulações sobre o sistema estrutural e sobre propriedades de materiais (PAUWELS et al., 2013). Adicionalmente, de acordo com Mansir, Muhammad e Kasim (2016), a digitalização da informação de edifícios históricos pode otimizar a obtenção dos benefícios da conservação, sendo alguns deles o aumento nos empregos, a valorização do patrimônio e a estimulação do turismo.

O uso desejado do modelo BIM direciona a modelagem da informação. Dessa forma, modelos específicos podem ser desenvolvidos com a finalidade de servir como referência e repositório de informações para os processos de gestão da operação e manutenção de uma edificação. No caso de novas edificações, podem ser utilizadas informações de um modelo *as-built*<sup>3</sup> juntamente com outros dados relevantes para a gestão da edificação. Segundo Groetelaars e Amorim (2012), o *as-built* é desenvolvido a partir da atualização das informações e documentação das alterações entre o projetado e o executado em obra. Entretanto, o termo “é mais adequado quando se refere a documentação da edificação durante a obra e/ou logo após sua conclusão” (GROETELAARS; AMORIM, 2012, p. 9). Por sua vez, *as-is* é a utilização de tecnologias de levantamento, como escaneamento 3D e fotogrametria para geração de nuvem de pontos, para registro detalhado e preciso de objetos reais em seu atual estado de conservação, incluindo deformações e imperfeições (GROETELAARS, 2015).

Em princípio, BIM é uma plataforma tecnológica para suporte ao processo de gestão do ciclo de vida de edificações como um todo, e não somente voltada aos processos de desenvolvimento de projetos (GARCÍA-VALLDECABRES; PELLICER; JORDAN-PALOMAR, 2016). Nos anos mais recentes, a abordagem BIM tem sido utilizada em novas edificações para apoiar tanto o processo de projeto quanto o de construção e de manutenção (YAJING; CONG, 2011). O desenvolvimento do modelo normalmente ocorre na fase de projeto. Em se tratando de HBIM, os modelos são desenvolvidos posteriormente à sua construção. Portanto, a utilização de BIM em edifícios históricos é “reversa” (WU et al., 2013), uma vez que o modelo é desenvolvido depois que o patrimônio está estabelecido. Nesse caso, o processo de aquisição das informações para criação de modelos BIM é baseado, geralmente, em cadastros por medição direta, desenhos já existentes e fotografias (WU et al., 2013).

Devido às distorções, patologias e deformidades encontradas no edifício histórico, os dados obtidos em um levantamento, geralmente, são destoantes do projeto original. García-Valldecabres, Pellicer e Jodan-Palomar (2016) apontam que o BIM tem limitada flexibilidade para o emprego em patrimônio arquitetônico. Isso porque tais construções podem apresentar singularidades decorrentes de seu próprio uso e de condições a que foram submetidas ao longo de sua vida. Por exemplo, podem apresentar patologias diversas, deformações, infiltrações e perda de estanqueidade de sistemas, o que exige tratativas específicas, em termos de modelagem de informação.

Segundo García-Valldecabres, Pellicer e Jodan-Palomar (2016), há um lapso de conhecimento na plataforma tecnológica BIM no que diz respeito à adaptação de edificações existentes. Groetelaars e Amorim (2012) atentam para a falta de correspondência tanto nos detalhes quanto na precisão, entre o modelo BIM gerado e a situação real da edificação. Para Pauwels et al. (2013), o edifício real será sempre diferente do modelo digital. Se o modelo for considerado somente como uma forma de documentação, além de todas as outras possíveis maneiras de documentação (manuscritos, desenhos originais, imagens, etc.), isso não pode ser considerado um problema (PAUWELS et al., 2013).

Modelos BIM podem ser classificados em diversos níveis de desenvolvimento, ou Levels of Development (LoDs). O uso de LoD permite mensurar a confiabilidade e segurança das informações associadas ao modelo BIM nos vários estágios do ciclo de vida do edifício, do projeto à gestão da construção e manutenção (BANFI, 2016; BIMFORUM, 2013). Ademais, os LoDs servem de referência para que os agentes da indústria

<sup>3</sup> O modelo *as-built* representa o projeto como ele foi realmente construído (CBIC, 2016, p. 117).

da construção especifiquem os entregáveis BIM e para contratos e planejamento de trabalhos baseados em BIM. De modo geral, podem ser especificados seis diferentes LoDs: LoD 100 equivale ao projeto conceitual; LoD 200 é similar ao projeto esquemático; LoD 300 possui informações precisas relativas a quantidades, forma, dimensão, localização e orientação dos elementos do modelo; LoD 350 incorpora, suplementarmente, os elementos necessários à compatibilização entre disciplinas, à coordenação de projetos, permitindo a verificação automática de interferências; LoD 400 inclui, adicionalmente, detalhamentos e especificações sobre fabricação e montagem e LoD 500 representa o projeto como foi realmente construído, equivale ao as-built (BIMFORUM, 2013).

Banfi (2016) apresenta que pode ser impossível definir um LoD específico para edificações históricas existentes. Por um lado, por conta de informações importantes de projeto se perderem ao longo da vida e, por outro, por impedimentos relacionados a proteção do patrimônio, como a não utilização de métodos destrutivos para reconhecimento de materiais construtivos e componentes não acessíveis. De modo que, para determinadas disciplinas do projeto, podem haver lacunas de informação e, conseqüentemente, a definição clara do LoD para o modelo como um todo pode ser inconcebível.

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o foco em HBIM. Pauwels et al. (2013) desenvolveram o modelo BIM da Book Tower em Ghent, Bélgica e, posteriormente, utilizaram tecnologias de web semânticas para representar seus componentes e as informações associadas através da utilização de uma ferramenta para desenvolvimento de jogos.

Brumana et al. (2013) reconstruíram, em ordem cronológica, as principais transformações sofridas ao longo dos séculos na Igreja Santa Maria, na Itália. Nessa reconstrução, apontaram dificuldades na elaboração do modelo, dada a inexistência de famílias de componentes como abóbadas e treliças no software utilizado e, também, de ferramentas para modelar anomalias e irregularidades das paredes.

Banfi (2016) cita o projeto de restauração da Basílica de Collemaggio em L'Aquila. Nesse projeto, diferentes LoDs foram utilizados no modelo para suportar as diversas fases do projeto de restauração.

Biagini et al. (2016) utilizaram a abordagem HBIM para modelar o processo de restauração da Igreja SS. Nome di Maria, Itália, construída em 1748 e que sofreu sérios danos após um terremoto em 2012. Esses autores observaram que o LoD final obtido pelo levantamento de informações não era homogêneo em todos os elementos da modelagem. Porém, com base em uma margem de erros admitida, foram estabelecidos LoDs aceitáveis para o propósito da pesquisa, como: 200 para objetos parcialmente escondidos (como a estrutura de madeira do telhado) e 300 para objetos visíveis (como paredes, vãos, etc.).

Yajing e Cong (2011) desenvolveram o modelo BIM do portão sul externo do templo Ta Keo, construído no séc. X d.C. no Camboja. Esses autores também relataram dificuldades em desenvolver famílias de componentes para representar os elementos construtivos da edificação.

No Brasil, Canuto (2017) apresenta um interessante caso de aplicação da plataforma BIM para registro do Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro, utilizando registros históricos para modelagem do projeto original na década de 1930 e das principais alterações realizadas no edifício até o presente, contemplando dados construtivos e históricos em um único modelo parametrizado.

Tolentino (2016) desenvolveu a modelagem BIM, para fins de gestão do bem imóvel e preservação, da Igreja de Bom Jesus do Matozinhos, MG, datada de 1770. A autora destaca que grande parte dos bens históricos brasileiros não foram devidamente documentados e propõem a utilização de HBIM para tornar os processos de documentação e gestão dos bens mais eficientes, contribuindo para o sucesso nas ações de preservação do Patrimônio Arquitetônico.

Paiva, Diógenes e Cardoso (2015) produziram o modelo BIM do Pavilhão Reitor Martins Filho, uma obra modernista construída entre 1966-67, na Universidade Federal do Ceará. Esse trabalho foi desenvolvido como parte de disciplinas de graduação em Arquitetura e Urbanismo e deu suporte à uma reforma para acomodar novas demandas programáticas, possibilitando a simulação das soluções de intervenção (PAIVA; DIÓGENES; CARDOSO, 2015).

A maioria das pesquisas apresentadas (PAUWELS et al., 2013; BRUMANA et al., 2013; BIAGINI et al., 2016; YAJING; CONG, 2011; BANFI, 2016; TOLENTINO, 2016) tiveram em comum a utilização do software de modelagem e projeto Revit. Somente as pesquisas de Paiva, Diógenes; Cardoso (2015) e Canuto (2017) fizeram uso de outro software, o Archicad. Apesar das dificuldades, todos esses casos relataram sucesso no desenvolvimento dos modelos BIM. Entretanto, não se pode precisar qual o LOD obtido nos modelos apresentados nessas pesquisas, embaraço recorrente apontado por Banfi (2016).

Garcia-Fernandez et al. (2015) apontam a falta de consenso para padronização de HBIM como uma importante lacuna que deve ser observada. A fim de consolidar uma ferramenta realmente útil para as atividades de preservação, manutenção e operação, seu uso requer discussão metodológica e experimentação prática, uma vez que envolvem modelos detalhados de objetos históricos (BRUMANA et al., 2013). Neste sentido, este artigo apresenta um estudo de caso realizado e discute as dificuldades e os benefícios encontrados com a utilização de determinadas tecnologias BIM como apoio à gestão do patrimônio.

## Objetivos e métodos

O presente artigo visa discutir as potencialidades do uso da tecnologia BIM para registro, documentação e gestão do patrimônio arquitetônico moderno brasileiro. Esta pesquisa tem caráter exploratório e se desenvolve como um estudo de caso<sup>4</sup> de uso das tecnologias BIM como suporte de documentação da Casa de Vidro para fins de gestão de patrimônio histórico, conservação da memória do edifício, registros estruturais, construtivos e de patologias e suporte às futuras intervenções e gestão da utilização deste patrimônio.

O problema que impulsionou a pesquisa está vinculado à questão de que os métodos tradicionais de documentação são insuficientes para integrar e gerir informações relacionadas à edificação. Com a intenção de utilizar BIM como apoio à gestão do patrimônio da Casa de Vidro, buscou-se desenvolver um modelo BIM e posteriormente integrá-lo às informações referentes ao mapa de danos da edificação utilizando uma ferramenta específica. Os dados obtidos, por meio da utilização de ferramenta para integrar modelo BIM com as informações do mapa de danos, foi avaliada de forma qualitativa. Por fim, elaborou-se o relatório na forma do presente artigo. O processo do estudo de caso realizado é representado na figura [2].

<sup>4</sup> De acordo com Gil (2010) as etapas básicas de um estudo de caso são: "formulação do problema; definição da unidade-caso; determinação do número de casos; elaboração do protocolo; coleta de dados; avaliação e análise dos dados".

FIGURA 2- Etapas do estudo de caso realizado nesta pesquisa

Fonte: Os Autores



## Desenvolvimento de modelo BIM de edifício histórico

### Processo de Documentação

O processo de documentação foi composto por várias equipes, as quais foram responsáveis por levantar informações que compuseram a modelagem BIM. Para tanto, foram utilizados: fragmentos do projeto arquitetônico original, projeto original e de reforma, simulação estrutural, nuvem de pontos (a partir de laser scanning), levantamentos atuais da edificação, mapa de danos, documentos históricos (artigos em revistas e fotografias) e levantamento topográfico [3].

FIGURA 3- Informações recebidas para execução do modelo compartilhado BIM

Fonte: Os Autores



## Reconstrução Digital

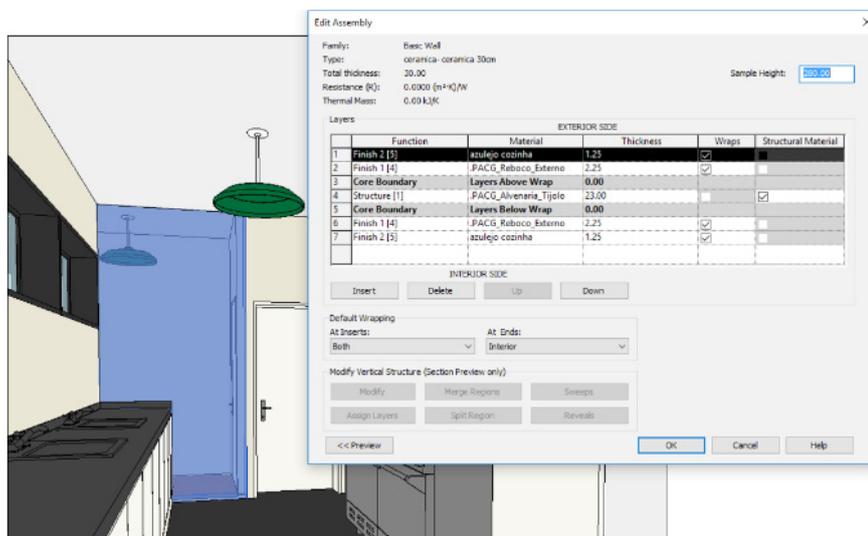
Cada etapa do ciclo de vida exige um diferente tipo de modelo BIM de acordo com o uso que se deseja. Assim, a partir do levantamento da documentação, foi produzido um modelo BIM da Casa de Vidro, com ênfase na documentação do estado de conservação do imóvel. Nesse caso, o modelo foi desenvolvido especificamente para ser utilizado como base de dados e de referências para a gestão da operação e da manutenção do imóvel. O desenvolvimento da modelagem BIM teve o propósito de auxiliar a elaboração de um plano de manutenção e operação da edificação, portanto fez-se necessário modelar a arquitetura e a estrutura e inserir informações de patologias encontradas.

Para desenvolvimento do modelo arquitetônico e do modelo integrado, foram utilizados respectivamente o AUTODESK Revit e Navisworks 2017, considerando a facilidade de obtenção de licença educacional, a abrangência no mercado e o conhecimento da equipe envolvida. O modelo estrutural foi desenvolvido na ferramenta TQS com o propósito de verificar, de acordo com estimativas, a carga suportada. As instalações elétricas e hidráulicas não foram modeladas.

A modelagem arquitetônica foi desenvolvida com base na documentação da edificação como fragmentos do projeto arquitetônico, levantamentos atuais da edificação (visitas técnicas e medições), documentação do projeto de reforma (década de 1990), documentos históricos como fotografias e artigos e levantamento topográfico. Nesta pesquisa, buscou-se documentar duas fases principais: a *as-built* e a atual. Na fase *as-built* o modelo deveria retratar a edificação logo após sua construção de forma a evidenciar a intenção original da arquiteta e possibilitar um registro para pesquisa histórica. Na fase atual, o modelo deveria expressar as alterações realizadas após sua construção, demonstrando as intervenções sofridas ao longo do tempo. Com base nas informações coletadas, os dados foram inseridos no modelo [4].

FIGURA 4- Inserção de informações no modelo BIM

Fonte: Os Autores (captura de tela do software Revit)



Na modelagem arquitetônica da Casa de Vidro, em software BIM, buscou-se manter a fidelidade com os elementos construtivos da edificação [5]. Todavia, a ausência de meios de representar graficamente o comportamento da edificação histórica, que sofreu desgastes ao longo do tempo, distancia o modelo da edificação real. Portanto, pode-se dizer que o modelo BIM obtido nessa situação não é condizente com a realidade.

FIGURA 5- Renderizações da modelagem arquitetônica

Fonte: Os Autores



A modelagem da estrutura foi desenvolvida com base no projeto estrutural original, levantamentos atuais da edificação (ensaios para análise de concreto e armadura) e estimativas. Os levantamentos contaram com ensaios para análise da resistência do concreto, da avaliação da existência de armadura nos pilares e com a verificação in loco do tipo e composição das lajes. Para realização das análises estruturais, foi necessário realizar estimativas, a favor da segurança, uma vez que em muitos casos, não havia dados comprovados da atual conjuntura da edificação. Essas análises se faziam necessárias para operação da edificação, dado que, atualmente, a Casa de Vidro funciona como um local público de visitação.

A integração entre os modelos arquitetônico e estrutural foi realizada para averiguar conflitos. A compatibilização das disciplinas indicou conflitos que precisaram ser resolvidos, como por exemplo, a laje da cobertura que se estendia para fora dos limites da construção e as sapatas que invadiam o piso do nível térreo [6].

FIGURA 6- Sobreposição entre o modelo arquitetônico (Revit) e modelo estrutural (TQS) – Destaque para o conflito verificado quanto ao nível das sapatas e altura dos pilares.

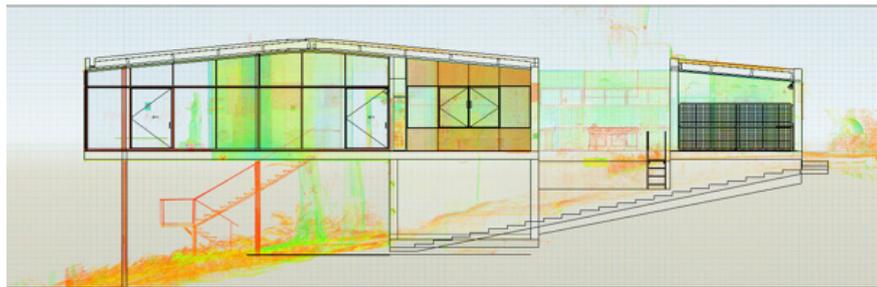
Fonte: Os autores (modelo arquitetônico e sobreposição) e Eng. Ricardo Bento (modelo da estrutura)



Para maior acuracidade, foi realizado pela equipe da Universidade de Ferrara<sup>5</sup> o escaneamento 3D da edificação que permitiu configurar o modelo digital as-is da edificação. A partir da nuvem de pontos, os autores do artigo geraram plantas e cortes, os quais foram sobrepostos ao modelo BIM para conferência [7]. Desse processo, foram identificados e ajustados: a posição real dos pilares, a curvatura da laje de cobertura, o comprimento da laje de piso, as dimensões exatas dos caixilhos de vidro das fachadas, as medidas do corrimão da escada de acesso, as dimensões da chaminé da lareira e outros.

**FIGURA 7- Modelo BIM sobrepondo a imagem da nuvem de pontos (em preto: estrutura em arame do modelo BIM - demais cores: representações advindas da nuvem de pontos)**

Fonte: Os Autores



## Ferramenta BIM para apoio à gestão de patrimônio

Com o propósito utilizar a modelagem BIM da Casa de Vidro como base para gerenciamento do patrimônio, buscaram-se meios de agregar ao modelo informações referentes às patologias encontradas na edificação. Conforme apresentado anteriormente, várias equipes participaram da coleta de dados para elaboração da modelagem BIM. Uma das equipes do projeto foi responsável por realizar o levantamento das patologias da edificação. Essas patologias foram documentadas por meio de um mapa de danos.

Buscou-se uma ferramenta que pudesse apoiar esta atividade, considerando os vários perfis de usuário que a utilizariam: gestores, técnicos responsáveis por realizar as operações, arquitetos que apoiariam as obras de restauro e funcionários do instituto (secretárias, responsáveis por serviços gerais e administrativos). Portanto, seria ne-

<sup>5</sup> De acordo com Gil (2010) as etapas básicas de um estudo de caso são: "formulação do problema; definição da unidade-caso; determinação do número de casos; elaboração do protocolo; coleta de dados; avaliação e análise dos dados".

cessária uma ferramenta que não exigisse conhecimentos específicos em software de modelagem BIM e que tivesse uma interface amigável. Dado que para apoiar a modelagem já estavam sendo utilizadas ferramentas da AUTODESK, optou-se por utilizar o BIM 360 Ops.

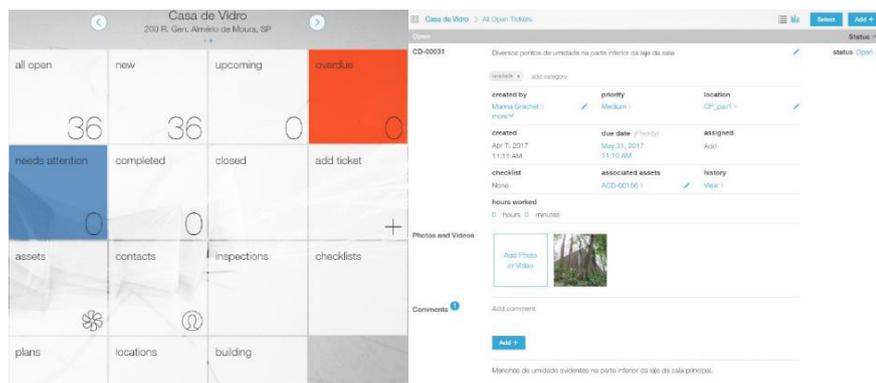
O BIM 360 Ops é uma solução computadorizada de gerenciamento de manutenção (Computerized Maintenance Management Solution - CMMS) que se propõe a auxiliar o gerenciamento de manutenção e operação de edificações. Funciona online em navegadores e por meio de aplicativo em dispositivos móveis com sistema operacional iOS. Para tanto, utiliza dados provenientes de planilhas e do Revit e BIM 360 Field. Dentre seus recursos, há a possibilidade de visualização do modelo BIM, edição de listas de verificação, agendamento e histórico de manutenção, criação de ticket (ordem de serviço) de manutenção.

A ferramenta permite ao proprietário (administrador do sistema, denominado owner) inserir diversas categorias de usuários: gerente, técnico, fornecedor, coproprietário e ocupantes. Ao abrir um ticket (ordem de serviço), o usuário pode anexar fotos, vídeos e anotações, além de estabelecer a prioridade: urgente, média e baixa. Quando uma ordem de serviço é atualizada ou designada a um responsável, o sistema envia notificações aos envolvidos. Posteriormente, os procedimentos de manutenção podem ser documentados por meio de fotos e vídeos.

Portanto, o primeiro passo foi a criação de um portfólio referente à Casa de Vidro contendo o modelo BIM arquitetônico da edificação principal, composto por 916 componentes. Para a avaliação do sistema, foram inseridos 36 tickets referentes às patologias encontradas [8].

FIGURA 8- Tela do proprietário (owner) com a informação dos tickets abertos (esquerda) e captura de tela de abertura de um ticket (direita)

Fonte: Os Autores (captura de tela do software BIM 360 Ops)



Após inserir as patologias por meio dos tickets, não foi possível encontrar uma maneira de extrair os dados do sistema, nem na forma de planilha, nem obtendo um modelo com as informações embutidas. Esta funcionalidade seria desejável para se manter um registro do modelo com todas as informações tanto das patologias quanto daquelas relacionadas à sua operação e manutenção. Isso posto, a ferramenta mostrou-se insuficiente para integrar as informações das patologias com o modelo, uma vez que os dados inseridos por meio do BIM 360 Ops não retroalimentavam o modelo, nem podiam ser exportadas de alguma maneira.

Ademais, embora o modelo BIM tenha sido carregado para o sistema, a navegação não é feita pelo modelo e sim por menus e informações textuais. Atualmente, no BIM 360 Ops, não há uma forma prática para localizar o componente desejado (dado a grande quantidade de componentes que compõem o modelo), prejudicando a conexão entre a informação e o modelo. O sistema avaliado não tira proveito da possibilidade de visualização do modelo para inserção e localização das informações sobre manutenção e operação. Em vista do exposto, a experiência de utilização do BIM 360 Ops para integrar as informações das patologias com o modelo mostrou-se insatisfatória.

## Considerações

Neste projeto, o modelo BIM da Casa de Vidro não é apenas um apoio à gestão do patrimônio, mas está sendo estruturado como um inventário que integra patologias, simulações estruturais e, sobretudo, informações dispersas nas análises dos especialistas.

O *National Institute of Building Standards* (NIBS, 2007, p.21) define BIM como “uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que decisões sejam tomadas durante seu ciclo de vida, desde a sua concepção até a demolição”. Entretanto, o software BIM utilizado não está preparado para representar situações reais de uma edificação cuja ação do tempo causou deformações e degradações. Com o foco na conservação da edificação, além dos atributos existentes nas famílias dos elementos, novos atributos deveriam ser adicionados aos componentes, como data, material, danos estruturais, entre outros.

Em um edifício de patrimônio histórico, a realização de ensaios para análises é um ato delicado, assim como a execução de intervenções. Portanto, é necessário ponderar sobre quais informações são de projeto, quais são estimadas, quais são resultados de ensaios de materiais ou são resultado de levantamento histórico indireto (cartas, registros informais, listagem de materiais comprados, etc.).

No caso da Casa de Vidro, o modelo, como um todo, não pode ser categorizado em um nível de desenvolvimento específico. Isso devido à impossibilidade de se obter dados objetivos dos componentes construtivos, como todas as camadas das paredes com suas respectivas espessuras e composições. Assim, alguns componentes foram representados graficamente como um sistema específico, enquanto outros, como um sistema genérico. Observam-se sensíveis diferenças no nível de desenvolvimento dos elementos, como a escada principal com LoD 300 e a laje do primeiro pavimento com LoD 200.

Vale ressaltar que, para a realização da modelagem BIM, algumas das informações utilizadas eram estimadas, uma vez que nem sempre era possível obter dados absolutos. Ainda que algumas plantas e dados do projeto original tivessem sido resgatados, observou-se que nem sempre a execução ocorreu como o planejado. Têm-se, nessa situação, informações de diferentes categorias em que o nível de certeza é variável: algumas seguras, outras estimadas. Esta situação fica evidente ao se observar as análises estruturais, em que foi necessário realizar estimativas, uma vez que não havia dados comprovados da atual conjuntura da edificação.

O software de modelagem BIM utilizado no estudo foi programado para receber dados exatos e, nesse sentido, a inserção de estimativas pode comprometer a utilização

posterior dessas informações. Para o gestor da edificação, é importante informar a confiabilidade da informação do modelo. Sem isso, fica prejudicada a capacidade de realizar intervenções com a intenção de se manter a autenticidade da obra.

Outro fator que deve ser considerado é a questão da ação do tempo na obra. Por exemplo, em alguns momentos, a ação do tempo aumentou a resistência do concreto, em outros comprometeu a resistência do aço da estrutura e deformou as esquadrias metálicas. A ferramenta de modelagem BIM não está preparada para receber este tipo de informação, que varia ao longo do tempo e é imprecisa.

Além disso, observou-se que o sistema de gestão de manutenção e operação utilizado, BIM 360 Ops, enfatiza a estruturação da informação, mas subutiliza o modelo desenvolvido e apresenta várias falhas de usabilidade, inviabilizando sua adoção como apoio à gestão da edificação em questão.

Mas como deixar as suposições registradas? Como diferenciá-las dos dados precisos? Como integrar o modelo da edificação para gestão e manutenção? Ainda não foi encontrada a maneira ideal que atendesse às demandas de gestão da Casa de Vidro.

Em suma, a partir de um processo de documentação, foi produzido um modelo BIM da Casa de Vidro, com ênfase na documentação do estado de conservação do imóvel. Esse modelo serviu como base para inserção de dados para sua operação e manutenção em sistema BIM.

Dentro da plataforma BIM, os softwares e tecnologias avaliados mostraram um nível inapropriado de maturidade para acomodar todas as informações de uma edificação de interesse histórico, em que a ação do tempo deixou suas marcas na forma de deformações e desgastes e que precisa ser gerida por não-especialistas em BIM.

O sistema de apoio à gestão da operação e manutenção avaliado enfatiza a documentação da informação que envolve o modelo e subutiliza o artefato real (dados geométricos, propriedades dos materiais). Pela baixa usabilidade do sistema, não foi possível associar a inserção dos dados referentes às patologias com os respectivos componentes da edificação.

Muitas pesquisas em HBIM (PAUWELS et al., 2013; BRUMANA et al., 2013; BIAGINI et al., 2016; YAJING; CONG, 2011; BANFI, 2016) envolveram edifícios de estilos diferentes ao apresentado neste estudo, que trata de um edifício modernista brasileiro. A arquitetura moderna brasileira pouco se vale da utilização de BIM para fins de documentação do patrimônio histórico. A ferramenta de modelagem utilizada, Revit, mostrou aderência para documentação desse estilo arquitetônico, uma vez que, no geral, conta com famílias de componentes que suportam sua reconstrução virtual. Portanto, essa ferramenta tem o potencial de beneficiar outras edificações modernistas de interesse histórico.

A principal contribuição deste trabalho é o relato do processo de implementação de BIM para fins de conservação de um edifício histórico, com destaque para as ações que possibilitaram o amadurecimento do conhecimento de uma ferramenta de gestão da operação e manutenção, ainda pouco explorada.

Trabalhos futuros envolvem a busca por processos e ferramentas mais apropriadas para a gestão da Casa de Vidro. Deve-se levar em consideração que tal ferramenta tecnológica deverá ser utilizada por todos envolvidos na operação, na manutenção e no restauro da edificação. Tais usuários, não devem, necessariamente, utilizar um software que exija conhecimentos avançados em modelagem, por isso, novas pesquisas devem ser realizadas e tecnologias específicas para HBIM devem ser desenvolvidas.

## Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos à Getty Foundation pelo financiamento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao Engenheiro Ricardo Bento que disponibilizou o modelo estrutural e aos colegas da Universidade de Ferrara: Prof. Arquiteto Marcello Balzani, Arquiteto Luca Rossato, Daniele F. Sasso que desenvolveram o escaneamento Laser 3D e disponibilizaram a nuvem de pontos para uso dos autores, bem como forneceram treinamento no software de manipulação da referida nuvem.

## Referências

ANELLI, R. Instituto Lina Bo e P.M. Bardi: balanço e perspectivas. In: 9º. Seminário Docomomo Brasil Interdisciplinaridade e experiências de documentação e preservação do patrimônio recente. **Anais**, Brasília, FAU UNB, 2011.

AZEVEDO, P. O. D. A Restauração arquitetônica entre o passado e o presente. **Rua – Revista de Arquitetura e Urbanismo**, n. 8. Salvador: UFBA, 2005.

BANFI, F. Building information modelling – A novel parametric modeling approach based on 3D surveys of historic architecture. In: IOANNIDES, M. et al. (Eds.) *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. **Proceedings...** EuroMed 2016, Part I, 2016. p. 116-127. DOI: 10.1007/978-3-319-48496-9\_10

BIAGINI, C. et al. Towards the BIM implementation for historical building restoration sites. **Automation in Construction**, v. 71, p. 74–86, 2015. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.03.003

BIMFORUM. **Level of development specification**: for Building Information Models. 1. ed. [s.l.] BIMForum, 2013. Disponível em <<https://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>> Acessado em 14 de dez. de 2017.

BRASIL. **Constituição Federal**. Presidência da República, 1988, versão compilada. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em 15 de nov. de 2017.

BRUMANA, R. et al. From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage, 2013. In: *Digital Heritage International Congress*. **Proceedings...** 2013. p. 497-504. DOI: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6743789

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras**. 1. ed. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2016, v. 1.

CANUTO, C. L. **Modelo BIM e proposta de intervenção do Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro, RJ**: Pela preservação digital da arquitetura moderna. 2017. 169f. Dissertação (Mestrado Profissional em Projeto e Patrimônio) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017 Rio de Janeiro, 2017.

DEL GIUDICE, M.; OSELLO, A. BIM for cultural heritage. In: **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences** - ISPRS Archives. **Proceedings...** 2013. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84924330169&partnerID=tZOtx3y1> > Acessado em 12 de mai. de 2017.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERRAZ, Marcelo Carvalho (org.). **Lina Bo Bardi**. São Paulo, Empresa das Artes/Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1993.

GARCIA-FERNANDEZ, J. et al. Quantitative + Qualitative Information for Heritage Conservation. **IEEE**, p. 3–4, 2015.

GARCÍA-VALLDECABRES, J.; PELLICER, E.; JORDAN-PALOMAR, I. BIM Scientific Literature Review for Existing Buildings and a Theoretical Method: Proposal for Heritage Data Management Using HBIM. In: Construction Research Congress 2016. **Proceedings...** ASCE, 2016. p. 3-4. DOI: 10.1061/9780784479827.222

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 200p

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. de. Um panorama sobre o uso de nuvens de pontos para criação de modelos BIM. In: II Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de Tecnologias Digitais. Anais... Belém: 2012.

GROETELAARS, N. J. **Criação de Modelos BIM a partir de “Nuvens de Pontos”**: Estudo de Métodos e Técnicas para Documentação Arquitetônica. 2015. 372f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

IPHAN. **Carta de Burra**, Icomos: Austrália, 1980. Disponível em < <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf> >. Acesso em 15 de nov. de 2017.

MANSIR, D.; MUHAMMAD, J. A.; KASIM, N. Reviewing the Need for HBIM in the conservation of Heritage Building. **The Social Sciences**, v. 11, n. 11, p. 2777–2782, 2016.

MINDLIN, Henrique. **Arquitetura Moderna no Brasil**. São Paulo, 1999.

NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES (NBIM). **National Building Information Modeling Standard** (NBIMS-US). v2, 2ed. Building SMART Alliance, 2007, cap 7.1. Disponível em < <https://www.nationalbimstandard.org/> > Acesso em 23 de maio de 2017.

NOGUEIRA, A. G. R. Inventário e patrimônio cultural no Brasil. **História**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 257-268, 2007. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/his/v26n2/a13v26n2.pdf> > Acesso em 15 de novembro de 2017.

PAIVA, R.; DIÓGENES, B.; CARDOSO, D. "Futuro do Pretérito": BIM e Documentação Digital da Arquitetura Moderna em Fortaleza. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

PAUWELS, P. et al. Integrating building information modelling and semantic web technologies for the management of built heritage information. In: Digital Heritage 2013 - Federating the 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions from CAA, Arqueologica 2.0 et al. **Proceedings...** 2013. p. 481-488. DOI: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6743787

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. **Journal of Information Technology in Construction**, [s.l.], v. 11, p. 395-408, 2006.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foun-

dition for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. ISSN 0926-5805.

TOLENTINO, M. M. A. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, SIGraDi 2016. **Anais...** Buenos Aires: Blucher Design Proceedings, 2016.

WU, T. C. et al. Improving traditional building repair construction quality using historic building information modeling concept. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. **Proceedings...** 2013.

YAJING, D.; CONG, W. Research on the BIM of the Stone Building for Heritages Conservation. In: 3rd International Conference on Education Technology and Computer 2011 (ICETC 2011). **Proceedings...** Lushan: IEEE, 2011. p. 1488-1491. DOI: 10.1109/ICE-TCE.2011.5776479

**DATA DA SUBMISSÃO DO ARTIGO: 10/01/2018 APROVAÇÃO: 15/08/2018**

#### **RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS**

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo guardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.