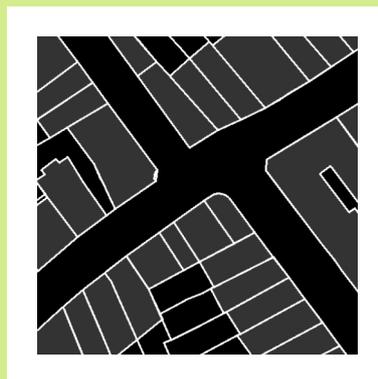
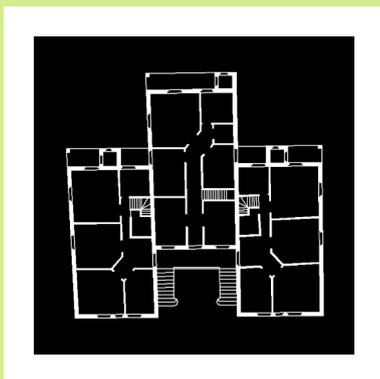


REVISTA DE MORFOLOGIA URBANA

Revista da Rede Lusófona de Morfologia Urbana

2020
Volume 8
Número 1



Equipe editorial

Editores-chefes: **Júlio Celso Vargas**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Renato T. de Saboya, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Vinicius M. Netto, Universidade Federal Fluminense, Brasil

Editor Associado: **Vítor Oliveira**, Universidade do Porto, Portugal

Editoras Assistentes: **Fernanda Careta Venterim**, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Bibiana U. Borda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Consultores: **Giancarlo Cataldi**, Università degli Studi di Firenze, Itália
Ian Morley, Chinese University of Hong Kong, China
Jeremy Whitehand, University of Birmingham, Reino Unido
Kai Gu, University of Auckland, Nova Zelândia
Michael Conzen, University of Chicago, EUA
Peter Larkham, Birmingham City University, Reino Unido

Quadro Editorial: **Bruno Zaitter**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Brasil
Cláudia Monteiro, Universidade do Porto, Portugal
David Viana, Nottingham Trent University, Reino Unido
Frederico de Holanda, Universidade de Brasília, Brasil
Giuseppe Strappa, Sapienza Università di Roma, Itália
Isabel Martins, Universidade Agostinho Neto, Angola
Jorge Correia, Universidade do Minho, Portugal
José Forjaz, Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
Judite Nascimento, Universidade de Cabo Verde, Cabo Verde
Luísa Batista, Universidade do Porto, Portugal
Luiz Amorim, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Mário do Rosário, ISCTEM, Moçambique
Paulo Pinho, Universidade do Porto, Portugal
Renato Leão Rego, Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Romulo Krafta, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Stael de A. P. Costa, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
Teresa Calix, Universidade do Porto, Portugal
Teresa Marat-Mendes, Instituto Universitário de Lisboa, Portugal
Vicente C. Sendra, Universitat Politècnica de València, Espanha
Xosé Lois Suarez, Universidade da Coruña, Espanha

Os autores são os únicos responsáveis pelas opiniões expressas nos textos publicados na ‘Revista de Morfologia Urbana’. Os Artigos (que não deverão exceder as 8.000 palavras, devendo ainda incluir um resumo com um máximo de 200 palavras), as Perspetivas (que não deverão exceder as 1.000 palavras), os Relatórios e as Notícias referentes a eventos futuros deverão ser submetidos pelo sistema da Revista, mediante cadastro do autor correspondente e *login* na plataforma. As normas para contributos encontram-se nas [diretrizes para autores](#).

Desenho original da capa - Karl Kropf. Desenho das figuras - Vítor Oliveira

REVISTA DE MORFOLOGIA URBANA

Revista da Rede Lusófona de Morfologia Urbana

Volume 8 Número 1 2020

e00173 *Vinicius M. Netto, Julio Celso Vargas e Renato T. de Saboya*
A revolução dos dados e a nova ciência das cidades (Editorial)

SEÇÃO TEMÁTICA: A NOVA CIÊNCIA DAS CIDADES E A REVOLUÇÃO DOS DADOS

e00151 *Romulo Krafta e Alice Rauber*
Morfologia urbana e a revolução dos dados

e00168 *João Meirelles, Camilo Rodrigues Neto, Fernando Fagundes Ferreira, Fabiano Lemes Ribeiro e Claudia Rebeca Binder*
Morfologia urbana e a revolução dos dados

e00140 *Ana Luiza Favarão Leão, Hugo Queiroz Abonizio, Sylvio Barbon Júnior e Milena Kanashiro*
Identificação de composições da paisagem urbana: uma abordagem de *deep learning*

e00137 *Karine de Almeida Paula, Eleusy Natalia Miguel e Wagner José da Silva Freitas*
A cidade patrimonial e turística: uma análise do constructo da imagem e apropriação do centro histórico de Tiradentes – MG a partir das mídias sociais

SEÇÃO ABERTA

e00088 *Milton Luz da Conceição*
Questões fronteiriças: Florianópolis e Olivença, duas faces da mesma moeda.

e00091 *Amanda Martins Marques da Silva, Gisele Silva Barbosa e Patricia Regina Chaves Drach*
Avaliação de vizinhança LEED e análise microclimática: um estudo de caso da morfologia urbana do Porto Maravilha, RJ, Brasil

PERSPETIVAS

e00171 *Mayra Gamboa González e Juan Ángel Demerutis Arenas*
Big Data e Análise Urbana: Ciência da cidade nas economias em desenvolvimento

e00141 *Flávia da Fonseca Feitosa*
Big Data e Urban Analytics à brasileira: questões inerentes a um país profundamente desigual

e00156 *Rodrigo Firmino, Debora Pio e Gilberto Vieira*
Revolução periférica dos dados em tempos de pandemia global

e00159 *Fabiano L. Ribeiro*
A Física das Cidades

e00175 *Vinicius M. Netto e Fabiano Ribeiro*
In Memoriam: João Meirelles

seção temática

A NOVA CIÊNCIA DAS CIDADES E A REVOLUÇÃO DOS DADOS

Morfologia urbana e a revolução dos dados

Romulo Krafta^a , Alice Rauber^b 

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: krafta@ufrgs.br

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: alicerauber@hotmail.com

Submetido em 5 de junho de 2020¹. Aceito em 29 de junho de 2020.

Resumo. *Morfologia Urbana é um campo altamente dependente de dados espaciais urbanos. Sua dificuldade de obtenção constituiu durante muito tempo obstáculo ao desenvolvimento de pesquisas na área, porém, mais recentemente, o aumento na disponibilidade de dados, a emergência do big data e o crescente desenvolvimento de ferramentas e tecnologias de informação, vem abrindo novas possibilidades para explorar digitalmente o território. Não se trata apenas de disponibilidade abundante de dados e softwares para manipulá-los, mas novas capacidades de integrá-los, o que encoraja a cruzar fronteiras disciplinares. O presente artigo tem como foco a relação entre o campo da morfologia urbana, caracterizado por contornos bem definidos em termos de quais dados são requeridos, e o que tem sido feito na dita fronteira do conhecimento, onde dados de diferentes tipos são combinados. Como contribuição este trabalho identifica perspectivas para futuras pesquisas, mostrando como a morfologia urbana pode se beneficiar dessa revolução dos dados, em especial utilizando-se de novos mecanismos descritivos e analíticos. Isso é evidenciado através da exploração de grafos temporais, hipergrafos e grafos multicamadas, ainda pouco empregada nos estudos urbanos, mas que demonstra potencial para: a) descrições multidimensionais da forma urbana; b) explorações de análises do espaço-tempo.*

Palavras-chave. *morfologia urbana, big data, redes multicamadas, redes temporais*

Introdução

Por muito tempo, na verdade desde os momentos iniciais da ciência urbana, a indisponibilidade de dados sobre as diferentes realidades urbanas constituiu um dos principais obstáculos ao seu desenvolvimento. Seja para alimentar longos e minuciosos procedimentos de classificação de componentes e atividades, seja para testar hipóteses deduzidas mediante elaboração intelectual abstrata, a tarefa de coletar, registrar, estruturar e disponibilizar dados suficientes para fundar análises quantitativas sempre pareceu maior, mais difícil, cara e demorada dentre todas as possíveis atividades de pesquisa urbana. Problemas relativos a tipo, formato, agregação, durabilidade, delimitação geográfica,

compatibilidade, atualidade, combinados com técnicas particulares de coleta e registro, escala espacial e temporal, tudo tratado de forma setorial e localmente diferenciadas terminaram por constituir uma babel de dados desconectados e descontinuados em cada cidade. O esforço para realizar essas tarefas geralmente consumiu a quase totalidade do tempo e recursos das eventuais equipes técnicas dos órgãos técnicos municipais, relegando para um plano secundário e subdesenvolvido as tarefas analíticas propriamente ditas e suas subsequentes projeções, explorações e formulações teóricas e metodológicas. Em resumo, o planejamento urbano tem se resumido a coletar dados e, com algum esforço, reconhecer algum tipo de padrão

socioespacial mais visível. Eventuais planos, programas e projetos teriam fatalmente uma relação débil e meramente conjectural àqueles dados e padrões.

A evolução dos chamados modelos urbanos quantitativos integrados elevou esse problema a um novo patamar ao buscar articular diferentes variáveis do sistema urbano – distribuição espacial de população, emprego, consumo e equipamentos, padrões de fluxo, infraestrutura, insumos externos, trocas, evolução demográfica, econômica e ambiental, e o que seja. Embora desde o ponto de vista teórico e metodológico isso tudo pudesse ser compatibilizado num sistema de equações, na prática determinou a virtual impossibilidade de haver continuidade entre pesquisa científica e atividade técnica aplicada. Tudo isso por causa dos dados, ou de sua ausência. Obviamente esse quadro nunca foi homoganeamente caótico: diferentes países, diferentes cidades desenvolveram, com maior ou menos rigor e sucesso, procedimentos de homogeneização de bases de dados, tanto a nível local (prefeituras, órgãos metropolitanos e regionais) quanto nacional (no Brasil, reconhecimento ao trabalho do IBGE, sem dúvida).

Entre os campos com alta dependência a dados, encontra-se a Morfologia Urbana, que surgiu como um nicho dos estudos urbanos baseado fundamentalmente em classificação e análise empírica. Nossas indagações fundamentais eram quanto à natureza, emergência e evolução de padrões de forma, num plano mais operativo, e quanto à abrangência, isto é, à possibilidade de se construir uma explanação autônoma do fenômeno urbano a partir de sua morfologia, no plano teórico. Tendo base estritamente empírica, não seria alheia às vicissitudes da busca de dados, mas, por outro lado, sendo, digamos, meticulosa quanto a natureza e tipo de dados, teria uma chance. Aparentemente, foi o que aconteceu: uma redução do número de variáveis que permite manter uma escala compatível com o fenômeno (exemplo: o mapa axial) e/ou uma redução da escala que permita considerar a suposta riqueza da forma construída (exemplo: os estudos tipológicos). O mapa axial promoveu uma devastação na população de possíveis variáveis explanatórias da forma urbana ao reduzir o “problema” a um conjunto de linhas retas que descrevem o sistema viário urbano

segundo uma configuração, ou seja, um sistema de linhas posicionadas umas em relação às outras, livre de escala. Essa configuração supostamente deteria algumas propriedades essenciais da forma urbana, reveladas, então, através de medidas de hierarquia espacial, como acessibilidade (ou integração), centralidade (*betweenness*) ou controle.

Se mapa axial é provavelmente a maneira mais sumária e econômica de descrever o sistema urbano, na outra extremidade da escala de observação os estudos tipológicos mergulham na busca da diferenciação fina da forma construída, tanto no plano espacial (diversidade) quanto temporal (evolução). Essas duas dimensões, imitando a Física, jamais se encontraram, com o quê o campo da Morfologia Urbana permanece oscilando entre duas correntes teóricas, uma de base relativista – fundada na configuração espacial, e outra de base atômica – fundada na classificação tipológica.

O presente artigo discute como que a revolução digital e o advento do fenômeno big data vêm impactando o campo da Morfologia Urbana. Na primeira parte apresentamos como essa enorme disponibilidade de dados beneficia diretamente todas as vertentes da Morfologia Urbana, retomando seus usuais mecanismos descritivos e analíticos. Em seguida mostramos possíveis expansões para as bases descritivas usualmente utilizadas na chamada abordagem configuracional, que mediante a combinação de dados de diferentes tipos, abrem possibilidades de integração com outras abordagens. Por fim, indicamos como que a Morfologia Urbana, com base em uma abordagem de grafos multicamadas, pode evoluir das análises do espaço para análises do espaço-tempo, passando de leituras de estado para leituras de processo.

O tsunami de dados

O incrível desenvolvimento da tecnologia da informação mudou radicalmente o quadro de referência dos estudos urbanos em geral e da morfologia urbana em particular. Quatro parecem ter sido os vetores principais de mudança, que vêm provocando uma verdadeira revolução dos dados. O primeiro se refere à passagem de bases analógicas para digitais dos dados usualmente coletados e mantidos por organismos de planejamento e gestão de cidades. A progressiva

digitalização dos dados urbanos propiciou, por sua vez, dois novos processos, a saber, a disponibilização via internet e a normalização de escalas, tipos, níveis de agregação, classes, etc., via geoprocessamento e sensoriamento remoto. Bases de dados de muitas cidades passaram a ser normalizadas e compatíveis entre si e acessíveis publicamente. Pode-se referir a esse tipo de dado como dedicado, quer dizer, conjuntos de dados coletados e mantidos com vistas a alimentar processos de análise, exploração e tomada de decisão particulares. Como tal, teriam sido construídos com métodos e procedimentos reconhecidos e minimamente acreditados.

O segundo vetor é constituído pelo incrível acervo Google – Earth e Maps, que cobre o globo e disponibiliza imagens de alta resolução de virtualmente toda aglomeração urbana existente, em três dimensões e ainda passíveis de serem ‘percorridas’ e verificadas prédio a prédio. As pessoas dedicadas ao estudo da forma urbana jamais poderão ser gratas o suficiente por isso. A despeito de suas qualidades, a plataforma Google é de formato proprietário, impondo restrições de uso e acesso aos dados que podem limitar o uso em pesquisas (Boeing, 2018). Assim, a iniciativa Open Street Map, semelhante ao Google quanto ao caráter global, mas que se diferencia por ser um projeto de mapeamento colaborativo que disponibiliza dados abertos, tem sido uma das principais fontes para obter bases geográficas, especialmente do sistema viário e seus atributos e seus atributos – tipo de via, nome, velocidade, número de pistas.

O terceiro vetor somente existe em decorrência do anterior, se valendo deste para acumular informação adicionada pelos usuários, seja diretamente (fotos de lugares, preferências, localizações, etc.) registradas diretamente nos mapas e fotos orbitais, seja indiretamente (localização de negócios, serviços e outros elementos de interesse) mediante acesso pago, no caso do Google, ou gratuito, no caso do OSM. Este seria um tipo de dado diferente do primeiro, no sentido de não obedecerem a métodos e procedimentos uniformes.

Por fim, o quarto vetor se refere a dados gerados de forma mais passiva, através de celulares, redes sociais, aplicativos, cartões e serviços. Através desses, é possível acessar informações – em tempo real, às vezes – sobre localização, movimento e

comportamento dos indivíduos. Tomados os devidos cuidados com questões de privacidade, esse tipo de dado tem potencial enorme para estudar padrões de comportamento de massa.

O termo *big data* se refere à disponibilidade de enorme quantidade de dados que podem facilmente ser processados por computador. O potencial de uso em pesquisas é enorme, porém traz a necessidade de desenvolvimento de novos métodos para manipular e analisar esses dados, que, muitas vezes, não são gerados para essa finalidade (Offenhuber e Ratti, 2014). Dados de telefonia móvel (Greco, 2014) ou de redes sociais (Netto et al., 2017), por exemplo, desde que manipulados e filtrados, podem fornecer uma visão sobre os deslocamentos das pessoas na cidade, algo que anteriormente só era possível através de caras pesquisas origem-destino ou trabalhosas verificações *in loco*.

Outro exemplo do potencial que big data representa diz respeito à obtenção de bases vetoriais de sistema viário, nesse caso de grande interesse dos cientistas de redes. Através de procedimentos simples, como o pacote OSMnx, desenvolvido por Boeing (2017), é possível obter mapas de segmentos de rua ou de intersecções viárias para qualquer recorte espacial desejado, praticamente de qualquer parte do mundo. Comparar uma grande quantidade de cidades, alguns anos atrás, envolveria um demorado e trabalhoso processo de desenho e coleta de dados, mas atual facilidade de obtenção de bases do OSM permite, hoje, estudos cada vez mais robustos sobre verificação de padrões universais, observáveis a partir de grandes amostras de cidades (Boeing, 2018; Kirkley et al., 2018).

Morfologia urbana e sua relação com *big data*

Seria de se esperar que, dentre as diversas vertentes de estudos sobre a cidade, a de morfologia urbana tenha sido a maior beneficiária da avalanche de novos dados, particularmente fotos orbitais de alta resolução, mapas, street-view, em primeiro lugar, e mesmo dados complementares também ali contidos, como usos pontuais do solo, equipamentos, descrição de intensidade de fluxos, quantidade comparativa de fotos de lugares, postadas por usuários, preferências por lugares e percursos capturadas por GPS ou por ‘likes’,

distribuição de usuários capturada por sinal de celular, mapas colaborativos, etc.

Para entender as possibilidades de apropriação desse novo manancial de dados sobre cidades e vida urbana pela área de morfologia urbana é necessário explicitar seus usuais mecanismos descritivos e analíticos, buscando identificar quês dados são demandados, como se processam as descrições e análises e, como consequência, quais dados agora disponíveis as alimentariam, sob que condições. Num universo de grande diversidade, tanto de componentes (formas construídas, partições fundiárias, espaços públicos) quanto de composições (tecidos urbanos) a investigação da forma urbana busca identificar padrões, quer dizer, regularidades na distribuição, ordenamento ou estruturação desses componentes, seja na dimensão espacial ou temporal.

Distribuição espacial implica descrever (identificar e diferenciar componentes e localizações) e analisá-los por proximidade, densidade, combinação, fazendo emergir eventuais padrões de regularidade, aglomeração, granulosidade, justaposição, complexidade, etc. Fotos orbitais de alta definição, combinadas com recursos de navegação (*streetview*), certamente constituem um repositório virtualmente inesgotável de dados para este tipo de descrição e análise, pelo qual devemos ser gratos (thanks, Google). Distribuição evolutiva, ou seja, distribuição espacial ao longo do tempo, desta vez focada na permanência e mudança de padrões distributivos dos componentes da forma urbana, não é ainda inteiramente satisfatória, visto que as séries temporais de imagens ainda são pequenas; não obstante o futuro disso parece muitíssimo promissor.

Investigação de *padrões de ordenamento morfológico* envolve procedimentos bem mais elaborados. Em primeiro lugar, identificação e diferenciação de componentes da forma urbana vai mais longe que a simples classificação segundo propriedades geométricas dos componentes, sejam eles bi ou tridimensionais normalmente aplicada na análise da distribuição. Aqui a noção de *tipo* e a consequente *classificação tipológica* dos componentes tende a mergulhar na história, na organização interna e no projeto de prédios e espaços públicos, envolvendo vários outros atributos tanto de cada

componente, como também de suas articulações com outros na formação do tecido urbano propriamente dito. Nessa perspectiva, descrição de edificações e espaços abertos articulados, quer dizer, compostos de alguma maneira a *gerar ordem*, torna-se matéria central. Percebe-se que aqui as fotos orbitais navegáveis cumprem apenas uma parte da demanda por informação relevante. Na verdade podem constituir uma boa base inicial, a partir da qual a agregação de dados históricos virá fazer o real trabalho de reconstrução da gênese da forma urbana.

Estudos configuracionais destinam-se a revelar a *estrutura* da forma urbana; estrutura, no caso, pode ser entendida como o conjunto de relações vinculantes entre cada componente com todos os demais que formam a interdependência, o sistema espacial. Configuração espacial urbana envolve descrição de componentes – espaços abertos e formas construídas, e suas relações de adjacência, resultando num grafo de grandes proporções que pode, não obstante, ser medido segundo atributos hierárquicos. Diferentes medidas de centralidade irão revelar a estrutura espacial segundo diferentes critérios – grau de dependência do sistema em relação a cada um dos componentes, grau de intensidade urbana resultante da interação entre todos os componentes, posição relativa de cada componente, distância relativa, etc. Uma vez mais as bases de dados providos por repositórios de dados vetoriais e por fotos orbitais *zoomíveis* e navegáveis permitem agora que descrições e análises deste tipo sejam levadas a cabo mais facilmente, mesmo que para isso haja eventual necessidade de transformar dados ‘brutos’ em informação mais refinada, mediante procedimentos digitais disponíveis.

Como se vê, apenas parte relativamente pequena, apesar de altamente relevante, da chamada *big data* tem na verdade beneficiado e impulsionado a investigação da morfologia urbana, pela simples razão que essa maior parte não utilizada se refere a dados sobre o digamos *software* urbano: agentes, ações, movimentos, interações de ‘n’ naturezas e escalas, muitos deles escravos da forma urbana, quer dizer, realizadas no interior de um casco urbano dado e inelástico no curto prazo, mas outras tantas voltadas a

adaptar esse casco às continuamente novas demandas de uso.

Morfologia e análise do espaço

Morfologia Urbana firmou-se no campo dos estudos urbanos praticando um controle rigoroso dos limites disciplinares e escolha de variáveis e métodos de investigação. Pioneiros desafiaram-se a produzir enunciados explanatórios do fenômeno urbano independentes das usuais variáveis socioeconômicas que, não obstante, fossem congruentes com enunciados oferecidos por outras áreas da pesquisa sobre cidades. Enunciados teóricos em morfologia urbana tenderam, nos seus primórdios, a se ater a descrições histórico-geográficas da evolução das cidades (morfogênese), como em Conzen (2004), descrições histórico-tipológicas da evolução de edificações e espaços públicos, como em Caniggia (1984) ou Panerai et al. (1997); estabelecendo paralelos morfológicos à história social, econômica e política das sociedades respectivas. Enunciados teóricos alternativos foram derivados de análise configuracional (denominados modelos de centralidade), cujas descrições se mostraram congruentes com aspectos do funcionamento (padrão genérico de fluxos, por exemplo) e de organização interna (padrão de uso do solo, valor da terra, intensidade de atividade) de cidades respectivas (Batty e Longley, 1988; Krafta, 1994; Spinelli e Krafta, 1998).

Análise quantitativa do espaço urbano, da qual a chamada abordagem configuracional é parte, desenvolveu-se enormemente nos últimos anos, sugerindo que descrições, análises e eventualmente simulações da dinâmica urbana podem ser levadas a efeito a partir de uma base espacial, quer dizer, construídas a partir de uma base descritiva morfológica, adicionando variáveis denotativas de outros campos, como economia, infraestrutura, interação espacial e transportes, uso do solo, interação social, etc. Qualquer um desses setores, uma vez associado a uma base descritiva espacial adequada pode potencialmente produzir conhecimento mais abrangente do que isoladamente. Caberia aos interessados em morfologia urbana promover, mediante admissão de variáveis de natureza socioeconômica, aproximação às demais áreas da ciência urbana, tal como tem sido

levado a cabo em diferentes centros de pesquisa urbana².

Abordagem configuracional e possíveis expansões

A representação fundamental de um sistema espacial, ou morfológico, nesta denominada abordagem configuracional é um grafo, no qual vértices correspondem a unidades de espaço público e arestas a adjacências físicas. Na Figura 1 pode-se ver como um grafo desse tipo é produzido, usando as partições do espaço público em unidades mais utilizadas: linhas axiais, segmentos, e nós.

Representar os elementos que compõem a cidade e suas relações através da linguagem de grafos, trouxe ao campo da morfologia urbana a possibilidade de adaptar métodos clássicos da ciência das redes, como as medidas de centralidade citadas anteriormente. No entanto, é preciso reconhecer que a representação sob a forma de grafos simples, como vem sendo feita até agora, possui limitações. Alguns autores (Aleta; Moreno, 2018; Kivelä *et al.*, 2014) sugerem que os grafos simples podem ser um obstáculo à representação de alguns fenômenos, ao olharem apenas para um tipo de relação de cada vez. Nicosia *et al.* (2013) argumentam que uma rede complexa raramente é isolada, sendo que muitas vezes alguns de seus nós poderiam ser parte de vários grafos ao mesmo tempo. Assim, observa-se, entre os cientistas de redes, crescente interesse por uma perspectiva de grafos multicamadas, que tende a ser uma representação mais realista de sistemas complexos, ao levar em conta múltiplos tipos de elementos e de relações (Kivelä *et al.*, 2014; Nicosia *et al.*, 2013).

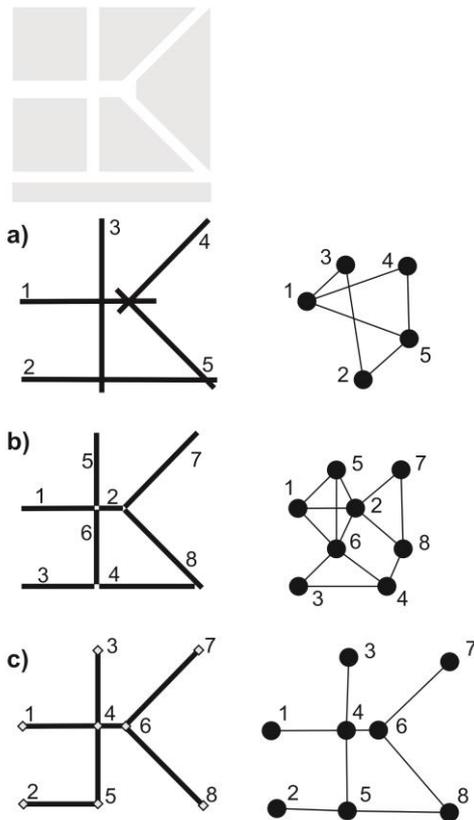


Figura 1. Sistemas descritivos dos espaços públicos por: (a) linhas axiais, (b) segmentos e (c) nós; e seus respectivos grafos (fonte: elaborada pelos autores).

As propriedades estruturais de certas redes e sua evolução, podem depender, de modo não-trivial, de outra rede à qual esteja conectada ou de múltiplos tipos de relações entre os elementos. Esse é o caso das redes de transportes, redes sociais, redes de relações econômicas entre países e o próprio cérebro humano, onde cada rede é parte de um sistema maior, no qual um conjunto de redes interdependentes, com diferentes estruturas e funções, coexistem, interagem e evoluem. Consequentemente, tais sistemas poderiam ser melhor representados por grafos compostos por múltiplas camadas. Esse parece ser o caso também das cidades, sob uma perspectiva de sistemas complexos.

Uma cidade pode ser pensada como um grande sistema composto por subsistemas, que, por sua vez, também são compostos por subsistemas (Johnson, 2012). Isso remete à

visão apresentada, décadas atrás, por Alexander (2015) em *A city is not a tree*, que enfatiza o aspecto de rede presente nas cidades e os subsistemas que se sobrepõem. Conforme o autor, a cidade não pode ser considerada uma estrutura totalmente hierárquica – uma “árvore” – mas sim uma semitrama (*semilattice*), que é uma estrutura complexa, com sobreposições e ambiguidades. A cidade é cheia dessas estruturas sobrepostas e ambíguas, que são responsáveis por sua riqueza e complexidade. As tais estruturas em semitrama às quais Alexander se refere são, na verdade, princípios de organização, ou seja, são estruturas abstratas, e não formas físicas, conforme bem colocado por Porta *et al.* (2015). Uma abordagem baseada em grafos multicamadas, em que vértices e arestas representam elementos e relações de variados tipos, abre a possibilidade de operacionalizar a representação dessas distintas redes e estruturas que se sobrepõem na cidade. Tal abordagem, no entanto, ainda é pouco desenvolvida nos estudos de morfologia urbana, que até o momento têm se concentrado mais na representação da rede de espaços públicos, ao passo que outras variáveis costumam ficar de fora.

A seguir apontamos algumas alternativas para se pensar em aplicações de grafos multicamadas para o campo da morfologia urbana. Isso passa pela expansão da capacidade de representar o sistema espacial urbano, isto é, pela inclusão de novas variáveis à rede de espaços públicos interconectados, tradicionalmente representada por grafos simples na abordagem configuracional. Outras camadas, agora contendo dados externos, porém acopláveis à base espacial, podem ser adicionadas, conforme sugere a Figura 2. Para cada camada é preciso pensar em estratégias de representação, definindo critérios e explicitando o que são os vértices e as arestas. A chamada fase de modelagem de rede, destacada por Marshall *et al.* (2018), em que se toma esse tipo de decisão, é fundamental nesse caso.

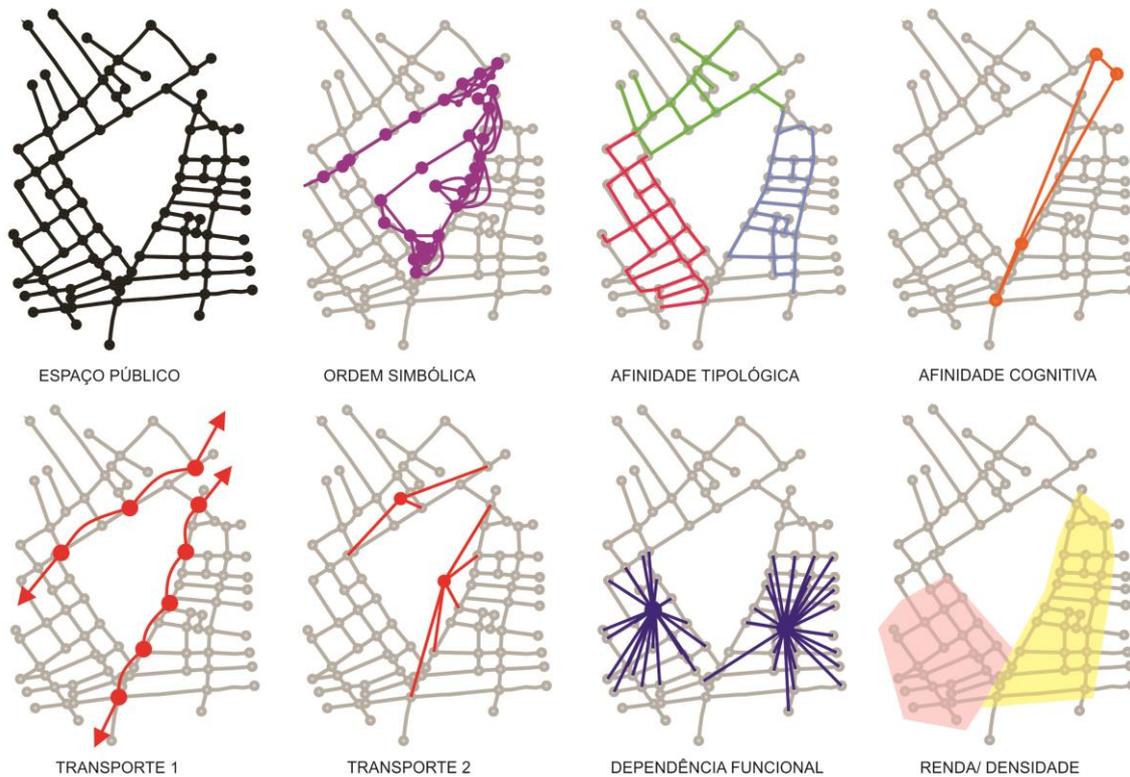


Figura 2. Possíveis camadas do grafo (fonte: elaborada pelos autores).

Quadro 1. Quadro multidimensional para representação em múltiplas camadas (fonte: elaborado pelos autores).

	Elementos	Estratégias de representação
DIMENSÃO ESPACIAL	Espaços públicos	a) Grafos simples; b) Definição de raios para processamento das medidas; c) Definição de valores de impedância nas arestas
DIMENSÃO OBJETUAL	Formas construídas Tipos edifícios Lugares Parcelas	a) Grafos multicamadas; hipergrafos b) Ponderações nos vértices e arestas
DIMENSÃO FUNCIONAL	Uso do solo Atividades Densidades Transporte	a) Grafos ponderados; b) Grafos direcionados entre pares de atividades complementares; c) Nós ou arestas caracterizando conexões remotas
DIMENSÃO COGNITIVA	Representação mental Ordem simbólica (Faria, 2010)	a) Agregação de elementos que compõem uma unidade informação em uma única entidade; b) Conexões entre todos elementos que compõem uma unidade de informação; c) Conexões remotas entre elementos com alguma afinidade cognitiva
DIMENSÃO TEMPORAL	Curto prazo Médio prazo Longo prazo	a) Multigrafos b) Camadas fixas e grafos direcionados c) agregação de vértices e arestas iterativamente d) ‘thresholds’, feedback positivo, pontos críticos e) polaridades com sentidos alternados

O Quadro 1 apresenta um *framework* multidimensional para se pensar a

representação em múltiplas camadas e as estratégias de representação para cada tipo de

elementos. Trata-se de uma ideia inicial, cujas possibilidades de representação não se restringem à essas sugeridas aqui. Elementos como os espaços públicos, vistos sob uma perspectiva puramente espacial podem ser representados por grafos simples, como os da Figura 1. Estes modelos podem ganhar novas nuances a partir de estratégias complementares, como a definição de raios para processamento das medidas, e a definição de valores de impedância para as arestas, que favoreçam ou desfavoreçam certos caminhos, como distância, tempo de deslocamento, hierarquia viária ou declividades.

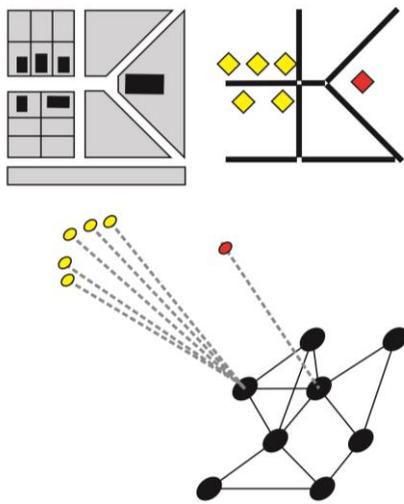


Figura 3. Grafo com duas camadas: espaços públicos e formas construídas (fonte: elaborada pelos autores).

O primeiro passo para estender esse tipo de representação estaria na inclusão das formas construídas, já eventualmente classificadas segundo tipos, ou segundo componentes de diferentes partes do tecido urbano, caracterizando uma dimensão objectual da forma urbana. Essa nova variável constitui uma segunda camada do grafo, conectado ao primeiro de forma particular. O mapograma da Figura 3 agora contém formas construídas, que, associadas ao mapa de segmentos anteriormente registrado no grafo inicial, constituem a segunda camada. A representação de elementos como formas construídas, parcelas, lugares, etc, pode ser feita pela inclusão de vértices que os representam, ou ainda por ponderação nos vértices do grafo dos espaços públicos, isto é, inserindo atributos que conferem um efeito de “carregamento” no grafo, que agora já não trata apenas da configuração espacial. Tal

ideia já vem sendo explorada desde Krafta (1994).

Grafos ponderados são igualmente válidos para caracterizar a dimensão funcional. Esses atributos podem se referir a densidades urbanas, valor da terra, uso do solo, etc. É possível também trabalhar com a noção de grafos direcionados, isto é, especificar pares de atividades complementares, do tipo oferta e demanda ou origem e destino, de modo que se caracterizem relações de dependência funcional entre pares de nós específicos – como em Krafta (1996) e Zechlinski (2013), e não do tipo “todos-com-todos”, como normalmente se usa na análise configuracional. Grafos direcionados já foram explorados, por exemplo. Já para a representação do transporte, outro aspecto funcional das cidades, é preciso pensar em algum recurso que gere um efeito “atalho” no grafo, como, por exemplo, inserção de nós ou arestas que caracterizem conexões remotas entre pontos de parada do transporte público (Gil, 2014; Paroli, 2019).

Para a dimensão cognitiva, a representação deve buscar, de alguma forma, esquematizar sob a forma de grafos, as representações mentais do ambiente. Representações mentais dizem respeito ao conhecimento esquemático que cada indivíduo ou que uma comunidade tem do ambiente, ou seja, consistem nas informações ambientais cognitivamente estruturadas na mente humana. Não deixam de ser uma espécie de modelo espacial, portanto, também passível representação por grafos. Este tipo de descrição é praticamente inexplorado, com exceção do trabalho de Faria (2010). No processo de apreensão ambiental, elementos tendem a ser selecionados e agrupados, relações tendem a ser alteradas e distâncias distorcidas, de forma a facilitar o armazenamento na memória. Com base nesses processos é possível pensar em estratégias de representação das unidades de informação, que se referem ao conjunto de informação estruturada. Com base nos estudos de Faria (2010), para simular um efeito de agregação entre elementos que formam uma unidade informação, pode-se pensar em estratégias que envolvam: a) agregação dos vértices que a compõem em um único vértice; b) múltiplas conexões, do tipo todos-com-todos, entre os vértices que compõem uma mesma unidade de informação (exemplo: todos os vértices que

representam uma rua ou um parque). Outro ponto que pode ser explorado é que a representação cognitiva, pode envolver conexões que não se dão por adjacência. Então, as arestas podem representar simplesmente algum tipo de afinidade cognitiva, criando uma ligação que aproxima ou que relaciona diretamente objetos que encontram-se fisicamente distantes.

Interessante destacar que não há apenas uma, mas sim várias abordagens possíveis dentro da ideia de redes com múltiplas camadas (Kivelä *et al.*, 2014). Multigrafos, por exemplo, permitem representar conexões entre diferentes camadas, com o poder de associar atributos de diferentes tipos numa mesma operação algébrica, tomando por base a rede de espaços públicos. Assim, nós físicos remotos tornam-se adjacentes por força de conexões dadas pelo transporte público, ou polos de atividades são associados a hubs de transporte e, conseqüentemente, a espaços públicos (Figura 4a). De maneira semelhante, hipergrafos tratam de conectar vários nós por meio de uma mesma aresta; associados com outras camadas, transmitem propriedades agregadas (Figura 4b). Com base nessas definições, é possível pensar em maneiras/critérios para conectar diferentes camadas, pertencentes à distintas dimensões do *framework* delineado anteriormente.

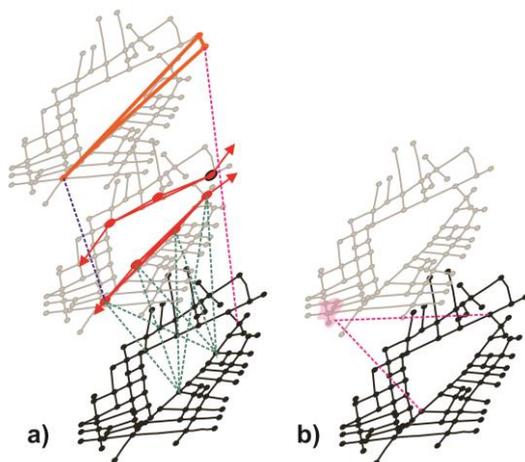


Figura 4. Exemplos de grafos multicamadas (fonte: elaborada pelos autores).

A noção de redes multicamadas também se presta a análises temporais (Kivelä *et al.*, 2014), possibilitando a inclusão da dimensão temporal, isto é, a representação de processos de curto, médio e longo prazo, conforme exploramos a seguir.

Morfologia urbana e análise do espaço-tempo

Estudos da forma urbana baseados em grafos têm se focado principalmente na leitura de estado, isto é, na caracterização de algum particular aspecto do sistema urbano em dado momento. No entanto, é essencial avançar mais em pesquisas sobre como esses sistemas crescem, evoluem e se modificam ao longo do tempo e também sobre relações de interdependência entre variáveis e entre escalas (Batty, 2013). Nesta seção sugerimos uma maneira de passar da análise de estado à verificação de processo, mediante a inclusão da dimensão temporal na base descritiva por grafos multicamadas.

Análise clássica usando grafo envolve basicamente medidas de hierarquia, aglomeração e desempenho, entre outras possibilidades. *Medidas de hierarquia* envolvem classificar vértices ou arestas segundo suas posições comparadas segundo critérios de associação sistêmicas, tais como grau (conectividade), posição relativa (centralidade), ou distância relativa (acessibilidade). Estas medidas têm sido amplamente utilizadas em análise espacial urbana tanto aplicadas diretamente no grafo básico (espaço público) (Lima *et al.*, 2017), quanto em grafos multicamadas, incluindo, então, forma construída, atividades ou valores cognitivos (Faria e Krafta, 2013). *Medidas de aglomeração* são, como o nome sugere, indicadores de distribuição espacial, tais como cluster, dispersão, densidade, diversidade, que podem incluir objetos, como formas construídas, equipamentos, etc., pessoas, atividades, usos do solo, renda e outras características socioeconômicas. *Medidas de desempenho* se aplicam aos casos em que privilégios ou dependências locais envolvendo normalmente usuários distribuídos e serviços concentrados, ou atividades cooperativas ou competitivas participantes de um mesmo sistema. Medidas características deste tipo são tensão, sinergia, estabilidade, desequilíbrio, oportunidade e convergência.

É visível aqui o potencial dos grafos multicamadas para incluir novas variáveis, constituindo aí um profícuo campo de pesquisa. Dados extraídos de diferentes plataformas digitais disponíveis tem sido testadas com sucesso em diferentes exercícios de análise utilizando grafos multicamadas ainda incipientes, mas

sugerindo grandes possibilidades de desenvolvimento ulterior.

Os sistemas urbanos, e conseqüentemente os grafos representativos de suas redes sócio-técnicas mudam constantemente, propiciando seu exame segundo sua evolução. Mudanças ocorrem por modificação dos vértices – localização, conteúdo, agentes, assim como das arestas – complementaridade funcional, estrutura cognitiva, base cultural, infraestrutura de comunicação, etc. ou por modificação de arestas, ao se introduzirem novas relações. Multigrafos podem ser utilizados não apenas para observação de estado, mas também para verificação de processos. Vértices, atributos e relações que se modificam ao longo do tempo podem ser estudados por uma sequência de grafos, isto é, uma sequência de descrições de estado em um determinado momento. Para verificação de processos que se dão ao longo do tempo, é preciso adotar métodos de comparação de uma sequência de estados. Mudanças nos grafos podem ser verificadas, por exemplo, através de análises visuais, medidas-resumo ou índices baseados nas métricas de verificação de estado, que mostrem o impacto da adição de novos elementos (como em Strano *et al.*, 2012) ou combinação de análises visuais com técnicas de estatística mais sofisticadas para verificação da evolução de padrões espaciais (como em Kirkley *et al.*, 2018). Alometria é outro recurso que pode ser utilizado para verificação de processos evolutivos, ao permitir verificar relações de escala entre atributos – por exemplo, o quanto a centralidade aumenta à medida que um sistema aumenta de tamanho. A forma urbana é sujeita a relações alométricas à medida que a cidade cresce, uma vez que seus componentes crescem em diferentes ritmos e em diferentes proporções – como demonstram Krafta e Silva (2019), Shpuza (2014) e Strano *et al.* (2012).

O estudo da história das cidades tem mostrado que, não obstante terem origens e processos de desenvolvimento particulares, não parecem ser especiais - no sentido de se constituírem em singularidades – já que convergem para estruturas e organizações similares. Essa convergência tem sido atribuída a fatores geográficos – distância, fundamentalmente, e econômicos – vantagens locacionais e de aglomeração. Dado que a distribuição dos componentes

urbanos sobre o território envolve necessariamente separação e geração de afastamentos relativos, uma desigualdade fundamental, inerente ao fenômeno, se instala (distância) e é rapidamente socializada (vantagens comparativas), resultando em padrões de organização interna. Mesmo assumindo a robustez dessas teorias, apoiadas em evidências nas duas extremidades – a micro, onde cada agente supostamente buscaria minimizar distâncias e maximizar vantagens locacionais, e a macro, onde se verifica distribuições desparelhas de população e atividades econômicas, compondo uma paisagem hierarquizada, os caminhos trilhados desde as relações locais até cada macroestado são ainda nebulosos, para dizer o mínimo, e aí estaria possivelmente, em sua explicitação, a explanação definitiva do fenômeno urbano.

Aparentemente, cada cidade seguiria regras próprias para conectar agente social, com sua localização e elementos sociotécnicos com outros agentes, localizações e elementos sociotécnicos, envolvendo relações de produção e reprodução social particulares. Isso constituiria um vasto conjunto de regras locais diferenciadas umas das outras aplicadas a vastos conjuntos de agentes sociais ao longo de tempos extensos, cujo resultado esperado seria extrema diversificação. O fato de haver convergências nos estados macro, isto é, homogeneização, mesmo que a um certo grau, sugere a existência de convertores de alguma espécie, sejam eles redutores de entropia (Haken e Portugali, 2015, Netto *et al.*, 2017) ou invariáveis causais (Wolfran, 2020, Marchetti, 1990). Convertores agiriam no processo mediante regras que desfazem resultados de outras regras, evitando, dessa forma que a diversificação siga seu caminho ao infinito, e trazendo diferentes evoluções para macroestados convergentes. Regras, contrarregas de interação e invariantes causais sugerem caminhos inteiramente novos para a pesquisa urbana, para a qual os hipergrafos construídos a partir da morfologia urbana poderiam ser a base de representação.

É importante lembrar que interações entre agentes em escala espacial local ocorrem também em escala temporal imediata; a recorrência de práticas e a acumulação de seus efeitos no tempo e no espaço são os mecanismos básicos da mudança urbana.

Paralelo e indissociável da prática recorrente ocorre outro fenômeno básico da mudança, poderia ser chamado de externalidade, isto é, a interferência, e conseqüente adaptação, de cada unidade de interação com as incontáveis demais interações ocorrendo nos mesmos tempos e lugares. Dessa maneira, não são apenas as práticas premeditadas e organizadas que contam na evolução dos sistemas urbanos, mas também as interferências não premeditadas e desorganizadas. A Figura 5 mostra uma seqüência de situações, onde sobre uma base espacial, a princípio fixa, a quantidade de agentes, cada um desenvolvendo interações simples com outros dois, aumenta; as interações elementares passam a coexistir e criar interferências e adaptações umas com as outras, ampliando a articulação do sistema e promovendo conexões novas, entre células remotas. Esse processo tende a ser recursivo, isto é, formar um padrão, entretanto, a cada iteração podem ser esperadas mutações (novos agentes, novas interações) tornando o processo verdadeiramente complexo. De interações desse tipo – repetitivas, mas de curta duração, suscetíveis de causar e receber influências de outras ocorrendo simultaneamente pode-se esperar repercussões no espaço (propagação de efeitos locais, afetando partes maiores do sistema) e no tempo (adaptação dos diversos artefatos sociotécnicos que compõem a forma urbana e equipamentos complementares).

Tão importante quanto escalas temporais imediatas e recorrentes é considerar que interações, embora regulares e recorrentes, como ilustrado acima, não são contínuas. Com efeito, é fácil imaginar que, a um momento dado, alguns desses agentes, assim como suas interfaces com outros, estejam inativos, alterando a dinâmica espaço-temporal correspondente. Da mesma forma, a polaridade de determinados pontos da rede pode ser invertida, tal como ocorre com certos *hubs* urbanos, como escolas, que ora funcionam como atratores, ora como repulsores, concentradamente nos horários de entrada e saída, permanecendo inativos o resto do tempo (mesmo quando em funcionamento). Figura 6, extraída de Holme e Saramäky (2013), mostra um grafo temporal, a partir do qual um conjunto de medidas topológicas podem ser obtidas, à semelhança das medidas de centralidade dos grafos estáticos. Figura 7, também de Holme e Saramäky, é um grafo de intervalo,

mostrando os intervalos de engajamento em interação de cada vértice.

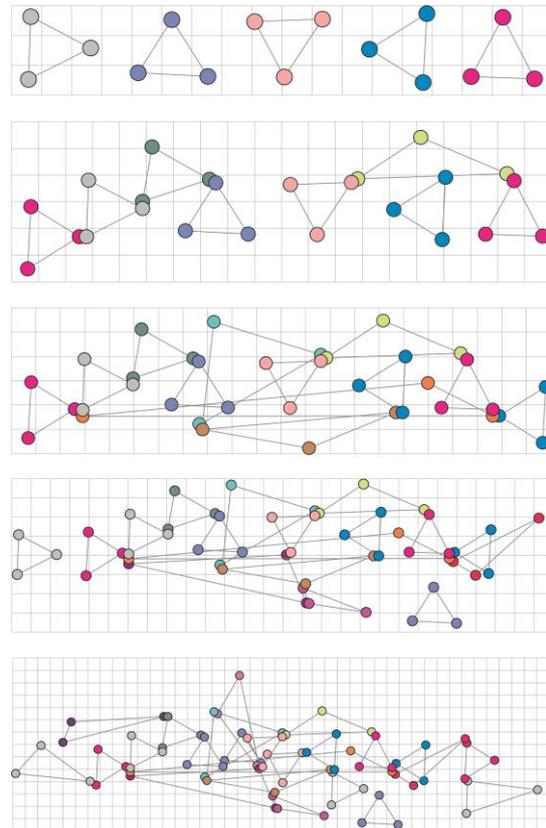


Figura 5. Sequência de interações entre agentes (fonte: elaborada pelos autores).

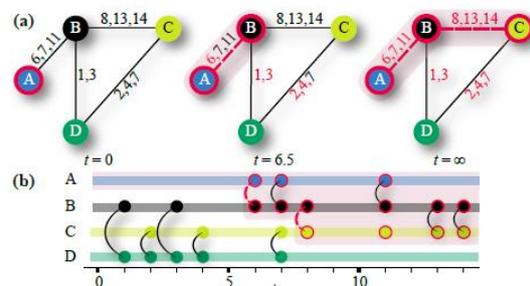


Figura 6. Grafo temporal (a) e painel de interação (b), sendo que a frequência de interação é registrada na forma de pesos atribuídos às arestas do grafo (fonte: Adaptado de Holme e Saramäky, 2013).

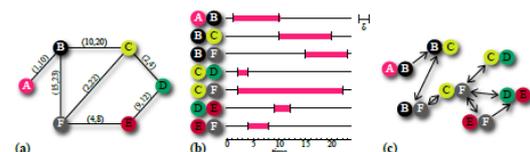


Figura 7. Grafo de transmissão, representando os intervalos de engajamento de uma rede temporal (fonte: Holme e Saramäky, 2013).

Inclusão da variável tempo e exploração de configurações mutáveis dos sistemas urbanos representa um campo de investigação capaz

de, ao mesmo tempo, integrar a base de pesquisa em morfologia urbana com outras áreas de estudos urbanos e ‘naturalizar’ o acesso e uso de plataformas de dados existentes e sempre em evolução.

Considerações finais

A área de investigação conhecida como Morfologia Urbana tem desenvolvido uma base descritiva sólida e flexível para a cidade. Graças a isso tem ganho relevância e parece estar em posição de possibilitar a integração com outras áreas de estudo da cidade, mediante a ampliação de escopo, incorporação de variáveis e articulação de métodos. Como essa plataforma descritiva e analítica urbana tem sido constituída? No nosso entendimento, mediante os seguintes fatores:

a) Aproximação à ciência da complexidade – se os fundamentos da ciência urbana, na sua origem, foram derivados de enunciados geográficos e econômicos, hoje os enunciados mais relevantes são os dos sistemas complexos. Não foi uma evolução original, já que a maioria das áreas do conhecimento realizaram a mesma trajetória, mas, dada a natureza conservadora da área, foi arrojada e surpreendente; representou uma mudança de perspectiva, até certo ponto radical, desde uma visão normativa e causal para outra evolucionária, instável e imprevisível do fenômeno urbano.

b) Apropriação de arcabouço teórico, modelos e métodos analíticos da física, principalmente da física estatística – a matematização da forma urbana parece ter sido um passo decisivo no caminho de quantificar, aferir, comparar, projetar, analisar e simular dinâmicas de mudança espacial. Esse poder de abstração torna tratáveis vários problemas inerentes à morfologia urbana, tais como quantidade e variedade de componentes e relações internas, explicitação de propriedades internas não visíveis, e o uso de modelos estatísticos mais sofisticados, entre outros.

c) ‘Domesticação’ de instrumentos computacionais – isto segue como complemento do anterior, visto que sistemas urbanos, ou mais simplesmente artefatos urbanos permaneceram intratáveis por tanto

tempo justamente por possuírem enormes quantidades de componentes, derivando quantidades inimagináveis de possíveis configurações. Se a simples descrição de artefatos desse porte apresentam grandes problemas, parcialmente resolvidos pelos computadores, a sua análise permanece como um desafio, mesmo contando com o poder de processamento disponível hoje; grafos com algumas dezenas de milhares de vértices, contendo descrições de cidades normais, são comuns em análise de morfologia urbana hoje e demandam considerável esforço de processamento.

d) Formação de linguagem compatível com a das demais áreas da ciência – como síntese das apropriações acima referidas, a área tem desenvolvido uma linguagem – quer dizer, meios de representar o fenômeno urbano, semelhante às utilizadas em outras áreas de pesquisa científica. Isso tira a Morfologia Urbana da Sibéria, permite protocolos de transferência de procedimentos e falseamento de resultados interáreas e, como consequência, melhor aferição de qualidade e impacto.

Essas transformações pelas quais o campo da Morfologia Urbana vem passando, impulsionadas pelo desenvolvimento tecnológico e pela emergência do fenômeno *big data*, permitem vislumbrar possíveis expansões na investigação da forma urbana. Na dita fronteira do conhecimento já se verifica tendência a enfoques mais voltados à verificação de processos, isto é, que vão além da análise de estado. Os caminhos de pesquisa em Morfologia Urbana delineados neste artigo seguem nessa direção, a de cruzar fronteiras disciplinares, uma vez que buscam integrar variáveis que tradicionalmente eram tratadas de forma separada e, geralmente, sem uma perspectiva temporal. Espaço, equipamentos sociotécnicos, agentes e interação parecem constituir um conjunto indissociável de componentes e relações do cerne dos sistemas urbanos. Estender a pesquisa, incluindo esses processos, bem como entender suas interdependências é condição para o entendimento mesmo das cidades.

Notas

¹ Artigo convidado para a seção temática “A nova ciência das cidades e a revolução dos dados”.

² www.urbanmorphologyinstitute.org,
<http://www.complexcity.info/2012/08/13/the-urban-morphology-lab/>,
<https://www.ucl.ac.uk/bartlett/casa/>,
<https://cusp.nyu.edu/>,
<https://miurban.uchicago.edu/>
<https://www.santafe.edu/>,
<https://urbanstudies.uva.nl/>

Referências

- Alexander, C. (2015) A city is not a tree. Em: Mehaffy, M. (ed.). *A City is not a Tree: 50th anniversary edition*. Portland, Sustasis Press, edição do Kindle. [Original 1965]
- Aleta, A., Moreno, Y. (2018). Multilayer Networks in a Nutshell. *ArXiv*. abs/1804.03488. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-conmatphys-031218-013259>.
- Batty, M., Longley, P. (1988) The Morphology of Urban Land Use. *Environment and Planning B*, 15(4), 461-488. Disponível em: <https://doi.org/10.1068/b150461>.
- Batty, M. (2013) *The new science of cities*. Cambridge, MIT Press.
- Boeing, G. (2017) OSMnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. *Computers, Environment and Urban Systems*. 65, 126-139. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004>
- Boeing, G. (2019) Street Network Models and Measures for Every U.S. City, County, Urbanized Area, Census Tract, and Zillow-Defined Neighborhood. *Urban Sci*. 3(1), 28. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/urbansci3010028>
- Caniggia, G. (1984) *Lettura di una città: Como*. Lomazzo, Italia, NewPress Edizioni.
- Conzen, M. (ed.) (2004) *Thinking about urban form: papers on urban morphology, 1932-1988 M.R.G. Conzen*. Oxford, Peter Lang.
- Faria, A. P. (2010) Análise configuracional da forma urbana e sua estrutura cognitiva. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre.
- Faria, A.P., Krafta, R. (2013) Cognitive Structure: Urban Symbolic Order and Landmark Detection, Em: Palma, N. (org.) *Sistemas Urbanos e Regionais*. Santa Cruz do Sul, EDUNISC. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11624/1810> [Consultado em: 5 de junho de 2020].
- Gil, J. (2014) Analyzing the configuration of multimodal urban networks. *Geographical Analysis*. 46(4), 368–391.
- Greco, K. Seeing the city through data, seeing the data through the city. Em: Offenhuber, D., Ratti, C. (eds.) (2014). *Decoding the city: Urbanism in the age of big data*. Basel, Birkhauser, pp. 125-142.
- Haken, H., Portugali, J. (2015) *Information adaptation: The interplay between Shannon information and semantic information in cognition*. Berlin, Springer.
- Holme, P., Saramäky, J. (2013) Temporal Networks. *Physics Reports*. 519(3), 97-125. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2012.03.001>
- Johnson, J. (2012) Cities: Systems of Systems of Systems. Em: Portugali, J., Meyer, H., Stolk, E., Tan, E. (eds.) *Complexity theories of cities have come of age: An overview with implications to urban planning and design*. Heidelberg, Springer, pp. 153-172.
- Kirkley, A., Barbosa, H., Barthelemy, M., Ghoshal, G. (2018). From the betweenness centrality in street networks to structural invariants in random planar graphs. *Nat Commun*. 9, 2501. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04978-z>
- Kivelä, M., Arenas, al., Barthelemy, M., Gleeson, J., Moreno, Y., Porter, M. (2014) Multilayer networks. *Journal of Complex Networks*. 2(3), 203–271. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/comnet/cnu016>.
- Krafta, R. (1994) Modelling Intraurban Configurational Development, *Environment and Planning B*, 21(1), 67-82. Disponível em: <https://doi.org/10.1068/b210067>
- Krafta, R. (1996) Modelling Intraurban Configurational Development, *Environment and Planning B*, 23(1), 37-48. Disponível em: <https://doi.org/10.1068/b230037>
- Krafta, R., Silva, E. (2019) Self-Organized Criticality and urban form system dynamics with reference to a Brazilian city. *Area Development and Policy*. Disponível em:

<https://doi.org/10.1080/23792949.2019.1631124>

Lima, L., Krafta, R., Ribeiro, B. (2017) A distância como variável em modelos configuracionais no estudo da distribuição de atividades econômicas urbanas. *URBE Rev. Bras. Gest. Urbana*, 9(2), 354-370. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.002.ao14>

Marshall, S., Gil, J., Kropf, K., Tomko, M., Figueiredo, L. (2018) Street network studies: from networks to models and their representations. *Netw Spat Econ*. 18(3), 735–749. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11067-018-9427-9>.

Marchetti, C. (1990) Anthropological invariants in travel behaviour. *Technological Forecasting and Social Change*. 47, 75-88.

Netto, V.; Meirelles, J.V.; Pinheiro, M.; Lorea, H. (2017) Uma geografia temporal do encontro. *Revista de Morfologia Urbana*. 5(2), 85-101. Disponível em: <http://revistademorfologiaurbana.org/index.php/rmu/article/view/2>. [Consultado em: 29 de maio de 2020].

Netto, V., Meireles, J., Ribeiro, F. (2017). Social Interaction and the city: The effect of space in the reduction of entropy. *Complexity*. 2017, 6182503. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/6182503>.

Nicosia, V., Bianconi, G., Latora, V., Barthelemy, M. (2013) Growing multiplex networks. *Phys. Rev. Lett.* 111(5), 058701. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.058701>.

Offenhuber, D., Ratti, C. (eds.) (2014). *Decoding the city: Urbanism in the age of big data*. Basel, Birkhauser.

Panerai, P., Castex, J., Depaule, J. (1997) *Formes Urbaines: de l'ilot a la barre*. Marselha, France, Editions Parenthesis.

Paroli, E. (2019) A cidade como uma rede de interconexões sociais: uma abordagem

configuracional. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre.

Porta, S., Rofê, Y., Vidoli, M. (2015) The city and the grid: building beauty at large scale. Em: Mehaffy, M. (ed.). *A City is not a Tree: 50th anniversary edition*. Portland, Sustasis Press, edição do Kindle.

Shpuza, E. (2014) Allometry in the syntax of street networks: Evolution of Adriatic and Ionian coastal cities 1800-2010. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 41(3), p. 450–471. Disponível em: <https://doi.org/10.1068/b39109>.

Spinelli, J., Krafta, R. (1998) Configuração Espacial e Distribuição do Valor do Solo Urbano, *Cadernos IPPUR*, 12(2), 83-104. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/ippur>.

Strano, E., Nicosia, V., Latora, V., Porta, S., Barthelemy, M. (2012) Elementary processes governing the evolution of road networks. *Sci Rep*. 2(1), 296. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep00296>.

Wasserman, S., Faust, K. (2009) *Social network analysis: methods and applications*. 18th ed. New York, Cambridge University Press.

Wolfran, S. (2020). Finally we may have a path to the fundamental theory of physics, and it's beautiful, Disponível em: <https://writings.stephenwolfram.com> [Consultado em: 29 de maio de 2020].

Zechlinski, A.P. (2013) Configuração e práticas no espaço urbano: uma análise da estrutura espacial urbana. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre.

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Urban Morphology and data revolution

Abstract. *Urban Morphology is highly dependent on urban spatial data. For a long time, the difficulty in obtaining it constituted an obstacle to the development of researches in this area. However, more recently, the increase in the availability of data, the emergence of big data and the growing development of tools and information technologies, has been opening new possibilities to explore digitally the territory. It is not just the abundant availability of data and software to manipulate it, but new capabilities to integrate it, which encourages to cross-disciplinary boundaries. This article focuses on the relationship between the field of urban morphology, characterized by well-defined outlines in terms of what kind of data is required, and what has been done at the frontier of knowledge, where data of different types are combined. As a contribution, this work points out new insights for future research, showing how urban morphology can benefit from this data revolution, especially by using new descriptive and analytical mechanisms. In this sense, we outline a multilayer graph approach, which is still little explored in urban studies, despite showing potential for a) multidimensional descriptions of urban form; b) explorations of space-time assessments.*

Keywords: urban morphology, big data, multilayer networks, temporal networks

Editor responsável pela submissão: Vinicius de Moraes Netto.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.



Evolução das leis de escala urbanas: evidências do Brasil¹

João Meirelles^a , Camilo Rodrigues Neto^b ,
Fernando Fagundes Ferreira^c , Fabiano Lemes Ribeiro^d  e Claudia Rebeca
Binder^e 

^a Universidade de Lausanne, Instituto Federal de Tecnologia da Suíça, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Lausanne, VD, Suíça. | Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, SP, Brasil.

^b Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: camilorneto@gmail.com

^c Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: ferfff@usp.br

^d Universidade Federal de Lavras, Departamento de Física, Lavras, MG, Brasil. | City University of London, Departamento de Matemática, Londres, UK. E-mail: fribeiro@ufla.br

^e Universidade de Lausanne, Instituto Federal de Tecnologia da Suíça, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Lausanne, VD, Suíça. E-mail: claudia.binder@epfl.ch

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.168>

Resumo. Nos últimos anos, a nova Ciência das Cidades se estabeleceu como uma abordagem quantitativa fértil para o entendimento dos fenômenos urbanos. Um de seus pilares é a proposição de que os sistemas urbanos apresentam comportamentos universais de escala em variáveis socioeconômicas, de infraestrutura e de serviços básicos individuais. Este artigo discute até onde essa proposição é realmente universal, testando-a frente a uma ampla variedade de métricas urbanas de um país em desenvolvimento. Apresentamos uma exploração dos expoentes de escala de mais de 60 variáveis do sistema urbano brasileiro. A estimação dos expoentes é um desafio técnico, dado que a definição de “município” no Brasil segue critérios políticos e não considera as características da paisagem, a densidade e os serviços domiciliares básicos. Considerando que os municípios brasileiros podem não ser iguais ao que se entende por assentamento urbanizado, selecionamos os mais assemelhados a “cidades” através de um procedimento sistemático de corte da densidade e estimamos os expoentes desse subconjunto. Para validar nossos achados, comparamos nossos resultados com as mesmas variáveis de outros estudos baseados em métodos alternativos. Os resultados mostram que as variáveis socioeconômicas analisadas seguem uma relação de escala superlinear com a população das cidades, enquanto a maioria das variáveis de infraestrutura e de serviços básicos domiciliares seguem os esperados regimes sublinear e linear, respectivamente. No entanto, algumas delas fogem dos regimes esperados, botando em dúvida a hipótese universal das leis de escala. Nossa conclusão é de que esses desvios são produto de decisões e políticas impostas “de cima para baixo”. Mesmo que nossa análise abranja um período de apenas 10 anos e, portanto, não seja suficiente para permitir conclusões definitivas, há indícios de que os expoentes de escala dessas variáveis estão evoluindo em direção ao regime esperado, e que os desvios podem ser apenas comportamentos restritos no tempo que não impedem os sistemas urbanos de atingir o regime esperado em algum momento futuro.

Palavras-chave. leis de escala, cidades, sistemas complexos, cidades brasileiras

Introdução

Atualmente mais da metade da população mundial vive em cidades (Habitat U.N., 2016), proporção que deve crescer nos próximos anos. Portanto, é cada vez mais importante entender como os sistemas urbanos evoluem com o crescimento da população e quais as implicações sociais, econômicas e ecológicas desse desenvolvimento. Nas últimas décadas, dados urbanos em formatos estruturados e prontos para análise computacional têm se tornado mais e mais acessíveis. Esses dados recentemente disponíveis, combinados com abordagens das ciências da complexidade, estão construindo as bases para uma nova ciência das cidades (West, 2017; Batty, 2013). Um paradigma em especial tem se afirmado no interior dessa nova abordagem científica dos estudos urbanos, concentrando-se não nas particularidades das cidades, mas em seus padrões comuns. Mais especificamente, ele afirma que a forma e as funções dos sistemas urbanos são causadas por leis universais que emergem das interações locais elementares (West, 2017; Batty, 2013; Bettencourt, 2013; Gomez-Lievano *et al.*, 2016). Baseados nisso, recentes achados sugerem a existência de similaridades entre cidades muito diferentes em termos culturais, históricos, geográficos e econômicos, ainda que todas pertençam a países desenvolvidos e que os estudos tenham considerado apenas um pequeno conjunto de variáveis (Bettencourt *et al.*, 2007; Cesaretti *et al.*, 2016; Ortman *et al.*, 2014; Strano e Sood, 2016). Tendo em vista o grande impacto que a possibilidade de formalização de uma lei universal de crescimento urbano pode ter para o planejamento urbano, é fundamental verificar se a universalidade se amplia para cidades de países em distintos estágios de desenvolvimento (os BRICS e países do Sul Global, por exemplo) e se os achados se sustentam para outros indicadores.

Um dos fundamentos da nova ciência são as leis de escala das diferentes métricas urbanas (West, 2017; Bettencourt *et al.*, 2013). Nos últimos anos têm se acumulado evidências na literatura científica indicando que muitas variáveis urbanas, digamos, Y , variam sistematicamente e de maneira não trivial com a população N da cidade, seguindo a

forma $Y = Y_0 N^\beta$. Aqui, Y_0 é uma constante e β o expoente de escala. Estudos empíricos indicam que, geralmente, variáveis relacionadas a *atividades socioeconômicas* (PIB, patentes e casos de AIDS, por exemplo) escalam de maneira *superlinear* com o tamanho da população ($\beta > 1$), enquanto *variáveis de infraestrutura* (comprimento total de redes de dutos e número de postos de gasolina, entre outros) escalam de forma *sublinear* ($\beta < 1$). Eles também mostram que variáveis associadas ao que se costuma chamar de necessidades individuais básicas (número de residências e consumo de água, por exemplo) escalam linearmente com a população ($\beta = 1$) (Bettencourt *et al.*, 2007). Neste artigo adotamos o termo serviços básicos individualizados para nos referir a elas, dada a imprecisão do conceito necessidade individual.

Como esses resultados foram obtidos em diferentes países e em distintos anos, eles têm sido propostos como propriedades universais das cidades (Bettencourt, 2013; Gomez-Lievano *et al.*, 2016; Bettencourt *et al.*, 2007; Ortman *et al.*, 2014; Strano e Sood, 2016; Bettencourt *et al.*, 2013; Gomez-Lievano *et al.*, 2012; Louf *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2017; Bettencourt e Lobo, 2016; Bettencourt e West, 2010; Kuhnert *et al.*, 2006), o que significa que as leis de escala se sustentam em todo e qualquer sistema urbano, independentemente de sua cultura, nível tecnológico, políticas, geografia e etc. Se elas puderem ser testadas com mais dados e ser mais bem entendidas, ela pode trazer insights valiosos para o processo de planejamento urbano. Mesmo sendo bastante consistente para sistemas urbanos diversos e estável no tempo, a universalidade das leis de escala ainda segue sob questionamento. Alguns estudos recentes sugerem que o comportamento de escala não segue a classificação proposta. Outros mostram que o expoente de escala é altamente sensível à definição de cidade adotada (Arcaute *et al.*, 2015; Louf e Barthelemy, 2014; Cottineau *et al.*, 2017; Fragkias *et al.*, 2013), e ao método estatístico usado para estimá-lo (Leitao *et al.*, 2016). Ainda, existem estudos indicando que os expoentes são sensíveis a fatores externos, como as estruturas macroeconômicas (Strano e Sood, 2016; Rybski *et al.*, 2017) ou

políticas federais (Muller e Jha, 2017), por exemplo. Esses achados revelam as fragilidades da hipótese de universalidade das leis de escala.

De fato, ainda é necessário testar a hipótese com uma maior variedade de cidades ao redor do mundo, bem como para conjuntos mais completos e representativos de indicadores urbanos, pois a maioria das evidências publicadas vêm de países desenvolvidos e se referem a poucas variáveis como PIB, área, rede viária e patentes registradas. Se desejamos contar com esse poderoso arcabouço para a construção de políticas urbanas, precisamos entender sob quais condições ele se sustenta. Atenção especial deve ser dada aos países em desenvolvimento onde a maior parte do desenvolvimento urbano futuro deve acontecer, tendo em vista a carência de evidências sobre seus sistemas urbanos. O sistema urbano brasileiro atrai particular interesse por seu processo de urbanização rápida (Martine e Mcgranahan, 2010) e consolidada com crescente desigualdade no tamanho das cidades ao longo do tempo (Cura *et al.*, 2017), fenômeno esperado para ocorrer em outros países ao longo do século XXI. O comportamento de escala do sistema brasileiro tem sido explorado em publicações prévias (Bettencourt, 2013; Leitao *et al.*, 2016; Alvez *et al.*, 2013; Ignazzi, 2014, 2015), com foco prioritário em variáveis socioeconômicas. Ignazzi (2015) também avaliou a evolução temporal dos expoentes de escala a partir de uma impressionante base de dados que cobre cerca de 70 anos de indicadores urbanos do Brasil. Neste estudo tentamos trazer diferentes tipos de variáveis para a análise, incluindo indicadores de infraestrutura e serviços individualizados, utilizando os achados prévios para validar nossa metodologia. O trabalho pretende testar a universalidade da hipótese das leis de escala urbanas através de análise empírica dos padrões de escalamento/escala de um sistema urbano do mundo em desenvolvimento (municipalidades brasileiras), contemplando variáveis ainda inexploradas, notadamente indicadores de infraestrutura. Também pretendemos investigar sob quais condições os sistemas se afastam dos regimes de escala esperados, e se tais desvios são efêmeros ou duradouros.

Materiais e métodos

Seleção de variáveis

Coletamos cerca de 60 variáveis para todos os 5.565 municípios brasileiros. Elas foram selecionadas com a intenção de abranger descritivamente um amplo conjunto de dimensões urbanísticas e contemplar os regimes de escala (linear, superlinear, sublinear). A seleção das variáveis foi baseada na hipótese de que a produtividade socioeconômica é *superlinear* em relação à população, a demanda por infraestrutura é sublinear e os serviços básicos individualizados são linearmente relacionados à população (Bettencourt *et al.*, 2013). Os indicadores estudados concentram-se em aspectos específicos do tecido urbano: serviços de saneamento, acesso a serviços básicos, orçamento municipal e equipamentos urbanos (educação, saúde, firmas, etc.) A lista completa de variáveis classificadas de acordo com a proposta de Bettencourt (2013) está disponível na Tabela S1 das informações suplementares do artigo.

Fontes de dados

Dados sociais, econômicos e individuais foram buscados no IBGE, tanto no Censo Demográfico de 2010, como nas pesquisas sobre governos municipais (IBGE Cidades) e no SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – que reúne informações sobre as empresas de abastecimento de água e esgoto. As informações sobre a infraestrutura viária foram calculadas a partir dos dados do Open Street Map (OSM). Os indicadores econômicos e as variáveis de receita e despesa foram coletadas no IPEA. As variáveis de saúde foram extraídas do DATASUS. Grande parte das informações são autodeclaradas, inclusive pelos provedores de serviço (SNIS), o que potencialmente introduz viés nos dados.

Metodologia de análise

Análises de leis de escala urbana devem ser realizadas a partir de uma base de cidades. A unidade espacial do banco de dados brasileiro são as municipalidades administrativamente definidas. Elas podem, contudo, ser fundamentalmente diferentes da definição funcional de cidade, que é pressuposto básico das análises de escalamento não-linear

(Bettencourt, 2013; Ribeiro *et al.*, 2017). Como apontado anteriormente, no Brasil são as próprias municipalidades que definem suas áreas urbanas, o que pode trazer imensa variabilidade e inconsistência (Ignazzi, 2015). Isso demonstra a importância de uma definição consistente de “áreas urbanas” para estudos em escala nacional. Uma “cidade funcional” é definida como uma *área* geográfica delimitada contendo população diversificada e alta intensidade de interações (West, 2017). A definição brasileira contrasta com esse conceito já que os municípios no país podem i) incluir características rurais e baixa intensidade de interações entre sua população e ii) ser segregados dos municípios adjacentes e codependentes. Um bom exemplo de (i) é o município de Oriximina no norte do Brasil (Fig. 1), com área superior à de Portugal, mas com população de apenas 50.000 habitantes e a

maior parte de seu território composto por áreas não urbanas (reservas indígenas ou áreas de proteção ambiental).

Buscamos resolver o problema das municipalidades não urbanas (i) de nossa base de dados adotando uma abordagem baseada na *densidade populacional*. Subconjuntos sistemáticos da base original foram gerados a partir de pontos de corte mínimos de densidade, excluindo assim os municípios rurais. Realizamos a exclusão dessas localidades não suficientemente densas já que a maioria das variáveis de interesse não estão disponíveis para níveis mais desagregados, o que torna impossível abordar o problema através dos processos *generativos* comumente encontrados na literatura para agregar assentamentos densos próximos entre si (Arcaute *et al.*, 2015; Cottineau *et al.*, 2017).

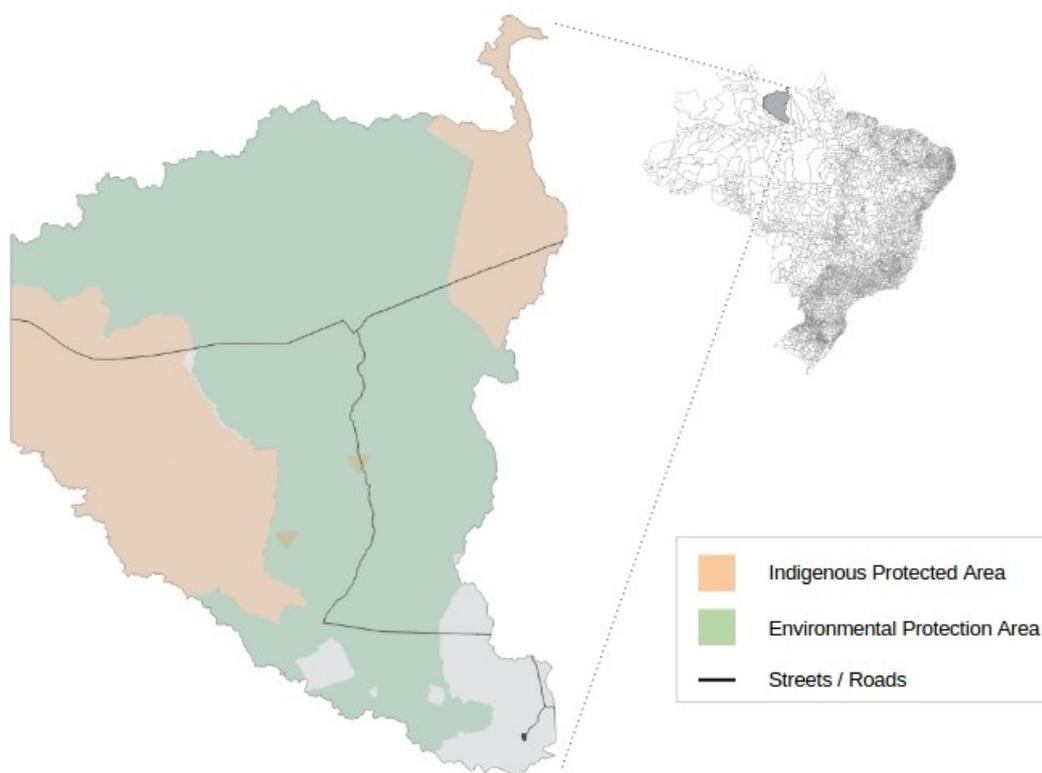


Figura 1.

Exemplo da diferença entre a definição de *município* do IBGE e de cidade funcional: o município de Oriximina, localizado no norte do país, com área geopolítica maior do que a de Portugal mas população de apenas 50.000 habitantes espalhados dentre áreas indígenas, com um centro urbano muito pequeno. O método proposto de corte por mínima densidade elimina municipalidades como essa da análise, evitando vieses que podem desestruturar os resultados. Baseada em dados do Ministério do Meio Ambiente do Brasil e Open Street Maps.

Em relação ao problema da “cidade funcional” (ii), estudos anteriores trataram de agregar municipalidades densas, contínuas e codependentes em unidades espaciais únicas. Regiões Metropolitanas, que têm sido utilizadas para este propósito em outros sistemas urbanos - são politicamente definidas a partir de critérios diferentes no Brasil (Bettencourt *et al.*, 2007; Bettencourt e Lobo, 2016), fazendo com que um método baseado em contiguidade exija o reconhecimento das áreas urbanas densas e contínuas no interior dos municípios. Com a maioria dos indicadores disponibilizados ao nível do município, qualquer método que demande dados mais desagregados se torna inviável. Ainda, dois estudos diferentes confrontando leis de escala com base em unidades municipais "cruas" (Alvez *et al.*, 2013) e agregações metropolitanas de municípios (Ignazzi, 2014) encontraram resultados bastante similares para as mesmas variáveis: escala superlinear do PIB, nível de desemprego, escolaridade e perfil etário da população. Tais concordâncias indicam que a agregação não altera efetivamente as leis de escala detectadas para as cidades brasileiras. Baseados nessas evidências decidimos não realizar qualquer tipo de agregação de municipalidades em nossa base, levando à necessidade de consideração que os resultados não se referem exatamente a áreas urbanas funcionais. Mesmo que pudéssemos ter derivado da amostra original um subconjunto de municipalidades urbanizadas e densas, elas não poderiam ser consideradas cidades funcionais por não estarem agregadas com as áreas densas contíguas de outros municípios.

Para resolver o problema das municipalidades não urbanas, geramos sistematicamente subconjuntos de cidades baseados na densidade, e testamos seu comportamento de escala em busca de convergências. Para cada subconjunto delimitado pela densidade, variando de 0 a 2.000 habitantes/km², computamos o expoente de escala β , o intercepto, o coeficiente de determinação r^2 e o valor p das regressões pelo método dos mínimos quadrados (MMQ) entre a transformação logarítmica da população e de cada uma das demais variáveis. Todas as regressões com valores p maiores do que 0,05 ou com r^2

menor do que 0,5 foram consideradas não significativas estatisticamente e, portanto, ignoradas na análise. Ao término desse processo iterativo, o limiar mínimo de densidade foi definido e os resultados das regressões para este subconjunto definitivo foram analisados.

A lista abaixo sintetiza o método:

1. Gerar subconjunto da base de dados original excluindo todos os municípios com densidade $\rho \leq \rho_{min}$, onde $\rho_{min} \in [0, 2000]$ é um parâmetro do método que representa a densidade mínima para inclusão no subconjunto;
2. Ajustar uma regressão pelo método dos mínimos quadrados (MMQ) entre o logaritmo da população e o logaritmo de cada uma das demais variáveis para os municípios restantes;
3. Computar o expoente de escala β , o intercepto, o coeficiente de determinação r^2 e o valor p das regressões com o subconjunto.

Para compreender se a variação nos expoentes se altera ao longo do tempo, utilizamos dados históricos - de 2005 a 2014 - do comprimento das redes de água e esgoto. Apesar da disponibilidade de dados para os anos anteriores, a amostra de municípios avaliados praticamente dobrou em 2006, passando a apresentar padrões erráticos depois dessa data.

Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir da análise da base de dados das municipalidades brasileiras. Dado o grande número de variáveis, apenas uma amostra representativa é apresentada nos gráficos. As plotagens do conjunto completo de variáveis estão nas figuras S1 e S2 e na tabela S2 das informações suplementares.

Em resumo, pudemos encontrar nos resultados fortes evidências do escalamento não linear no sistema urbano brasileiro. Independentemente do limiar de corte da densidade, a maioria das variáveis escala dentro do regime esperado (superlinear, sublinear, linear). Esse resultado foi particularmente robusto para as variáveis socioeconômicas. No entanto, algumas

variáveis de infraestrutura e serviços individualizados apresentaram um expoente de escala não habitual durante o processo de corte por densidade. Essa observação nos leva a propor uma explicação geral para os desvios dos expoentes, em consonância com os pressupostos das leis de escala urbana e a teoria econômica: variáveis de infraestrutura que não emergem de interações em nível local, mas sim como resultado de decisões políticas "de cima para baixo" sujeitas a restrições orçamentárias, tendem a divergir do regime de escala esperado. Como sugerido por Pumain *et al.* (2006), isso pode ser parte do processo evolutivo da infraestrutura das cidades, enquanto ela não se afirma como serviço universalizado que atende a totalidade da população de um determinado sistema urbano (aqui entendido como o *país*). Mesmo que nosso pequeno intervalo temporal de análise (10 anos) não permita resultados conclusivos. Os resultados estão detalhados nos próximos parágrafos. A Figura 2 mostra como o expoente de escala β varia com o limiar mínimo da base de dados original para cinco variáveis selecionadas. Cada linha representa uma variável urbana e as cores indicam seu regime de escala de acordo com a classificação de Bettencourt e

Lobo (2013) (indicadores socioeconômicos, de infraestrutura e de serviços básicos individualizados). Uma versão deste gráfico contendo todas as variáveis estatisticamente significativas é apresentado no material suplementar.

Observamos alta flutuação até uma densidade de aproximadamente 250 hab./km², o que era esperado pois, até esse limiar, o subconjunto ainda contém um grande número de municípios não urbanos. A partir daí os expoentes começam a convergir. Eles demonstram baixa sensibilidade à definição de cidade pois, mesmo que as flutuações estejam presentes, observamos pouca alteração no regime de uma variável após os cortes iniciais (de superlinear para linear e vice-versa). Isso difere significativamente de resultados prévios, nos quais o expoente de escala de outros sistemas urbanos experimentou mudança de regime (Louf *et al.*, 2014; Arcaute *et al.*, 2015; Cottineau *et al.*, 2017; Fragkias *et al.*, 2013). Considerando que o expoente β demonstra robustez após os primeiros cortes (em torno de 500 hab./km²), o ponto exato do corte final não afeta substancialmente os valores dos expoentes.

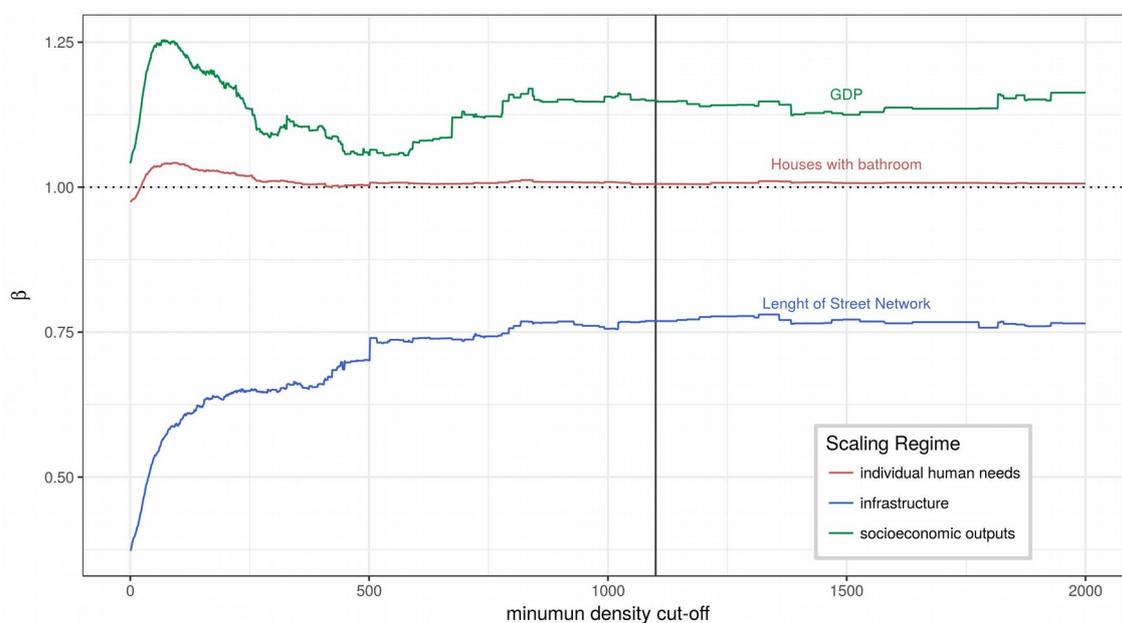


Figura 2.

Expoentes de escala β das variáveis representativas em função dos pontos de corte de densidade mínima. Cada linha representa o expoente de escala de uma variável (eixo y) estimado a partir de regressão MMQ de seu logaritmo contra a população como função dos pontos de corte de densidade (eixo x). A linha vertical indica o limiar final de densidade mínima (1.100 hab/km²).

Para o restante das análises nós escolhemos um valor de corte de 1.100 hab/km², pertencente ao mesmo intervalo de densidade adotado pela OCDE-CE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – Comunidade Europeia. N. do T.) para sua definição de cidade, que é de 1.500 hab/km² (Dijkstra e Poelman, 2012). Optamos por considerar um valor mais baixo para permitir a inclusão de um maior número de municipalidades. Ao mesmo tempo, algumas variáveis apresentaram pequena descontinuidade ao redor de 1.000 hab/km²,

portanto escolhemos o valor final de modo a evitá-la. A Figura 3 apresenta o subconjunto final de 88 municípios (em cores) em comparação com a base original (cinza). Observamos que este subconjunto abrange quatro ordens de magnitude e é predominantemente composto por municipalidades pertencentes aos decis superiores de população, mesmo que alguns pequenos municípios tenham sido incluídos. Isso era esperado, pois é fato que municípios maiores são mais densos e possuem centros urbanos mais consolidados.

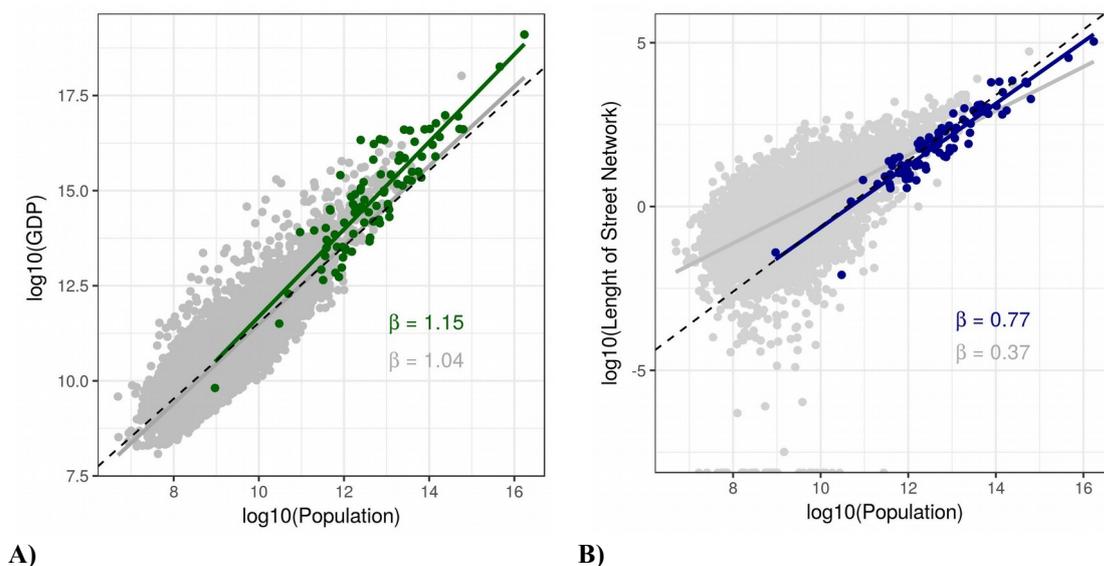


Figura 3.

Relação de escala das variáveis representativas para todos os municípios (cinza) e para os selecionados (em cores). Cada ponto representa uma municipalidade, o eixo x indica a sua população e o eixo y sua variável (A - socioeconômica: PIB; B - infraestrutura: extensão da rede viária). Linhas sólidas (coloridas e acinzentadas) indicam o melhor ajuste da regressão MMQ entre a transformação logarítmica de cada grupo, enquanto a linha preta pontilhada indica a lei de escala linear.

A Figura 4 traz o expoente de escala com seu intervalo de confiança para o conjunto de variáveis representativas. A versão completa deste gráfico e sua tabela de dados contendo todas as variáveis estatisticamente significativas pode ser encontrada na tabela S2 do material suplementar. Uma análise desses expoentes finais indica que a proposição geral dos ganhos de escala

crescentes se sustenta para nossas variáveis e métodos, o que pode ser resumido pelo comportamento de escala das receitas (superlinear) e do orçamento (linear). Entretanto, algumas variáveis do tipo serviços básicos individualizados (esgotamento sanitário e tratamento de esgoto) desviam do comportamento de escala esperado.

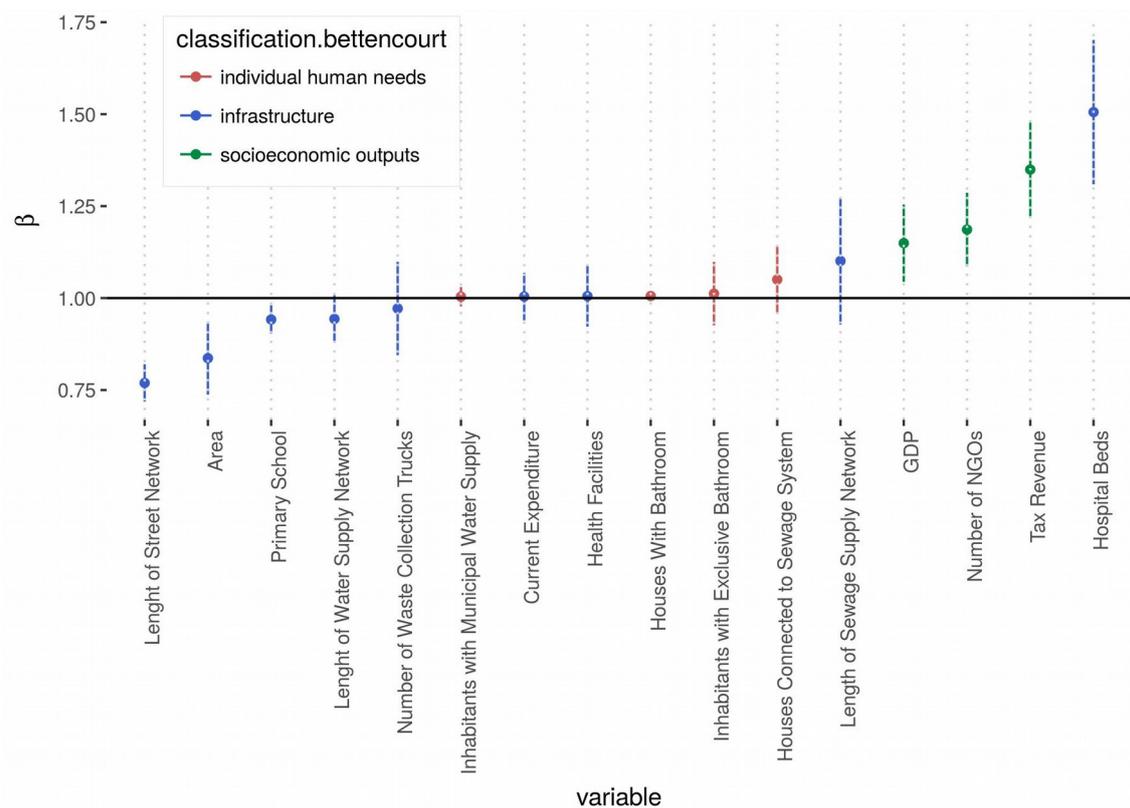


Figura 4.

Valores dos expoentes dos diferentes indicadores urbanos do sistema urbano brasileiro. Cada ponto representa o expoente de escala relacionado ao melhor ajuste da regressão MMQ entre a população e a variável em estudo; os segmentos de linha verticais representam o intervalo de confiança de 95% das regressões; as cores são baseadas na classificação de Bettencourt (2013); a linha horizontal preta indica uma relação linear.

As variáveis socioeconômicas tais como o PIB, bem como indicadores relacionados à saúde, como mortes por acidente de trânsito e homicídios, escalaram de forma superlinear. Isso é coerente com resultados de estudos prévios (Alvez *et al.*, 2013; Ignazzi, 2014, 2015), que encontraram comportamento de escala superlinear para variáveis socioeconômicas do sistema urbano brasileiro (renda, homicídios). Não havendo distanciamento significativo dos resultados anteriores, concluímos que o método aqui proposto é válido. Nossos resultados ampliam esses achados para um novo conjunto de variáveis socioeconômicas: indicadores variados de receitas fiscais (serviços, área urbana), produtividade social (número de negócios, extensão de calçadas que recebem serviço de varrição, quantidade de ONGs). Eles estão alinhados com as proposições teóricas que sugerem ganhos crescentes com o escalamento dos indicadores sociais nas cidades maiores.

A relação sublinear antevista para as variáveis de infraestrutura não foi tão clara. Indicadores relacionados genericamente ao uso do espaço (área, vias), educação (número de escolas), distribuição de água (extensão da rede e número de ligações) e coleta de lixo (quantidade de caminhões e operários) escalaram sublinearmente, conforme o esperado. Por outro lado, variáveis relacionadas à infraestrutura de esgoto ou equipamentos de saúde divergiram do regime sublinear e escalaram tanto superlinearmente (extensão e número de ligações da rede de esgoto, número de leitos hospitalares) como linearmente (quantidade de unidades de saúde). O número de leitos em hospital poderia escalar sublinearmente devido à definição de área urbana adotada: como elas são diferentes de áreas funcionais, pode ocorrer de a maior cidade da aglomeração concentrar os leitos e, portanto, contabilizá-los desproporcionalmente, levando a um escalamento superlinear. Se houéssemos adotado a definição de área funcional o

regime de escala poderia ser outro. Entretanto, também pode ocorrer de as maiores municipalidades concentrarem leitos para populações além da aglomeração, recebendo também pacientes de cidades longínquas. Neste caso, poderíamos esperar um escalamento superlinear, mesmo que a definição funcional de área urbana tivesse sido adotada.

Em relação às variáveis dos serviços básicos individualizados, para os quais se esperava um comportamento de escala linear, também encontramos desvios semelhantes e relacionados aos das variáveis de infraestrutura. Serviços individualizados que não dependem de investimentos centralizados (quantidade de casas com banheiro) ou relacionados aos serviços de fornecimento de água (acesso ao sistema de abastecimento) mostraram escalamento linear. Esses resultados foram em parte encontrados em estudos prévios do sistema urbano brasileiro (Alvez *et al.*, 2013), nos quais um índice agregado de saneamento que contempla existência de banheiro, abastecimento de água e coleta de resíduos escalou de forma linear com a população dos municípios do país. Contudo, quando nos referimos aos serviços de tratamento de esgoto (número de habitantes conectados à rede, volume coletado e quantidade de contratos de serviços de tratamento) encontramos comportamento superlinear. É possível que esses desvios estejam diretamente relacionados àqueles observados para as variáveis infraestruturais, e uma potencial explicação é apresentada na seção de Discussão. Outras variáveis para as quais se poderia esperar comportamento de escala linear (consumo de água, por exemplo) não se mostraram estatisticamente significativas e foram excluídas da análise.

Discussão

Esta pesquisa buscou compreender até que ponto as leis de escala propostas são universais, sob quais condições podemos observar desvios e se esses desvios são temporários quando testados contra um grande número de variáveis em um sistema urbano de país em desenvolvimento.

Nossos resultados sugerem que, para que seja possível generalizar a hipótese do

escalamento de variáveis de infraestrutura e individualizadas, incluindo os países em desenvolvimento, algumas considerações devem ser feitas. De acordo com nossos resultados para o sistema urbano brasileiro, nem todas as variáveis de infraestrutura apresentam escalamento sublinear. Aquelas que são providas para toda a população (abastecimento de água, no caso do Brasil) e/ou produzidas por decisões de nível local (sistema viário) seguem inegavelmente o escalamento sublinear. O regime de escala desses casos (acesso universal e processo de geração “*bottom up*” (de baixo para cima) é definido por propriedades das redes sociais e por restrições espaciais, como proposto por Bettencourt (2013). Por outro lado, variáveis de infraestrutura que dependem de decisões ou investimentos “*top down*” (de cima para baixo) podem se afastar do regime sublinear (sistema de tratamento de esgoto, equipamentos de saúde). Isso tem maior chance de ocorrer nos países em desenvolvimento, nos quais os governos podem não ser capazes de prover acesso universal a determinados tipos de infraestrutura. Nesse caso, um processo de tomada de decisão centralizado deveria se refletir em um expoente linear para uma variável que deveria apresentar comportamento sublinear se emergisse de interações locais, como no caso do tratamento de esgoto no Brasil (Fig. 5). Da mesma maneira, podemos explicar a mudança do esperado regime linear de escala das variáveis de serviços básicos individualizados para um regime superlinear. De acordo com nossos resultados, no sistema urbano brasileiro apenas os maiores municípios com alto poder de investimento são capazes de garantir os equipamentos e redes de infraestrutura aos seus habitantes.

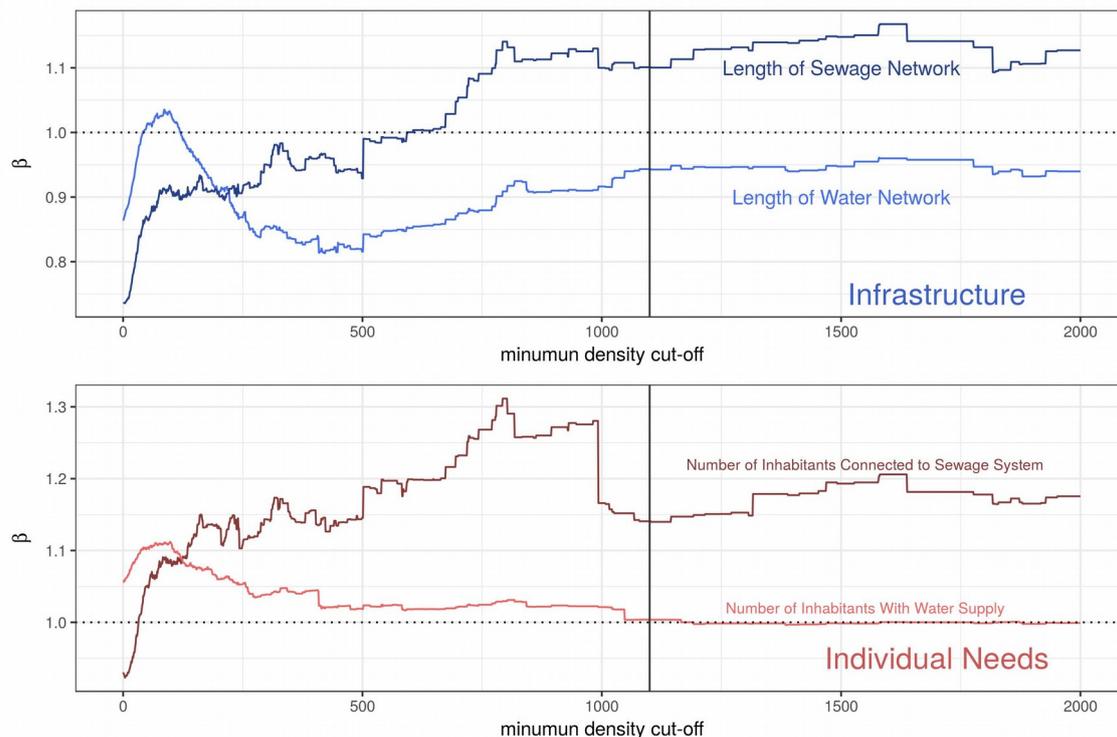


Figura 5.

Exponentes de escala β das variáveis representativas em função dos pontos de corte de densidade mínima. Cada linha representa o expoente de escala de uma variável (eixo y) estimado a partir de regressão MMQ de seu logaritmo contra a população como função dos pontos de corte de densidade (eixo x). A: variáveis de infraestrutura; B: serviços individualizados.

A observação de que as variáveis sem acesso universal (não providas pela municipalidade para toda a população) desviam do regime de escala esperado pode ser prevista pelo arcabouço teórico de Bettencourt (2013; West, 2017). Uma das condições necessárias para a emergência da não-linearidade é conhecida como *preenchimento de espaço*, o que significa que as variáveis de infraestrutura precisam ser de acesso universal no sistema para que a relação sublinear apareça. Em outras palavras, os tentáculos das redes de distribuição devem se estender a todos os pontos de todas as cidades do sistema para que observemos expoentes sublineares. Tendo em vista que essa condição não vale para a infraestrutura de esgoto e tratamento de saúde no sistema urbano brasileiro, era de se esperar que as variáveis indicadoras desses serviços se desviassem do regime de escala esperado. O fato de que algumas infraestruturas específicas não são preenchedoras de espaço nas cidades brasileiras sugere a necessidade de outros estudos que investiguem se o fenômeno também ocorre em outros sistemas urbanos ou se é uma especificidade local.

Uma explicação econômica para o fato de algumas variáveis de infraestrutura desviarem do regime de escala sublinear pode ser encontrada na *Teoria da Armadilha do Equilíbrio de Baixo Nível* (Nelson, 1956): quando os governos federais tendem a fixar preços abaixo do nível economicamente sustentável para os serviços, descapitalizando as empresas públicas locais. Assim, as cidades dependem de intervenções centralizadas para expandir a provisão dos serviços. Já foi demonstrado que a coleta e o tratamento de esgoto seguem essa tendência (Faria *et al.*, 2005) e, mesmo que não tenham sido encontradas publicações específicas sobre o nível de equilíbrio econômico para os serviços de saúde, é provável que, dados seus altos custos, o mesmo ocorra com eles. Nesse cenário, apenas as maiores municipalidades, que contam com maiores ingressos fiscais, têm recursos suficientes para investir em infraestrutura. Municípios menores, com baixa arrecadação, dependem dos investimentos federais para a expansão da infraestrutura pois gastam a maior parte de suas receitas em pagamento de salários. Isso conduz à existência de municípios sem

acesso universal a determinadas infraestruturas e, portanto, a um escalamento superlinear das variáveis que as medem. O caso da distribuição de água é diferente: seu acesso foi praticamente universalizado no país algumas décadas atrás por meio de investimentos públicos (Faria *et al.*, 2005). A diferença entre as variáveis sob o regime do equilíbrio de baixo nível e aquelas fora dele pode ser observada na Figura 5. Variáveis indicadoras do sistema de coleta de esgoto desviam dos valores esperados, enquanto variáveis do sistema de abastecimento de água tendem a escalar dentro o intervalo esperado.

Uma última questão resta a ser respondida: os desvios observados deverão se manter ao longo do tempo ou podemos esperar que eles convirjam para valores encontrados em outros sistemas urbanos? Podemos recorrer a outro arcabouço teórico para ajudar com as respostas. Pumain *et al.* (2006) sugere um processo de difusão hierárquica de inovações em sistemas de cidades para variáveis com potencial de se tornarem ubíquas, tornando-as desproporcionalmente altas para as cidades grandes até que a igualdade entre as cidades seja atingida. A proposta de Pumain é que essas cidades grandes lideram o processo de difusão, adaptando a tecnologia e tornando-a mais e mais barata para as cidades

menores ao longo do tempo. Esse processo foi observado anteriormente no sistema urbano brasileiro para diferentes setores econômicos (Ignazzi, 2015). Se isso também se sustenta para as variáveis de infraestrutura, deveremos observar um crescimento maior da extensão das redes de esgoto nos municípios menores e menor crescimento nos maiores quando aquelas houverem enfim implantado suas redes. Para testar essa hipótese, a Figura 6 apresenta dez anos de variação nas redes de água e esgoto em relação à população dos municípios. Mesmo que esse período não seja suficiente para observações conclusivas, ambas as variáveis de infraestrutura parecem ter crescido muito pouco nas maiores municipalidades. As pequenas e médias mostram bastante variação, mas algumas delas apresentam crescimento expressivo. Também é interessante notar que as redes de esgoto cresceram mais do que as de água, provavelmente porque seu estado de equilíbrio de baixo nível as caracteriza como "inovações" de difícil difusão. Se essa dinâmica é robusta ao longo do tempo e o que leva as cidades menores a experimentar maior crescimento de sua infraestrutura enquanto outras não, são perguntas que permanecem a ser respondidas por pesquisas futuras.

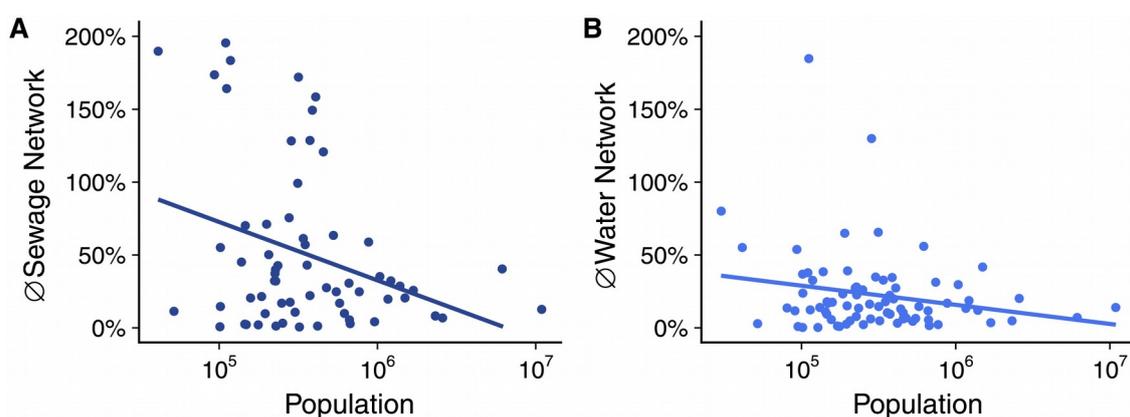


Figura 6.

Ampliação da infraestrutura entre 2005 e 2014 em relação à população do sistema urbano brasileiro. Cada ponto representa a variação temporal de um município. A: rede de esgoto; B: rede de água.

Conclusão

Este artigo testou a hipótese de universalidade das leis de escala urbana em relação a uma ampla diversidade de variáveis em um sistema de cidades de país em desenvolvimento. Nossos achados confirmam

que as leis de escala se sustentam para as variáveis socioeconômicas. No entanto, verificamos que algumas variáveis de infraestrutura e de serviços básicos individualizados (indicadoras de serviços de saúde e esgoto sanitário) não escalam como

proposto pela literatura. Essa constatação impõe limites à hipótese da universalidade, que postula que assentamentos humanos densos devem apresentar os mesmos padrões de escalamento, independentemente das características específicas do sistema urbano. Nós conjecturamos que as diferenças observadas têm a ver com políticas de investimento e condições econômicas específicas do país. Assim, se uma variável de infraestrutura é dependente de decisões centralizadas e/ou não é acessível de forma universal em todo o sistema urbano, ela pode se desviar do regime de escala esperado. Esse foi o caso, em nosso subconjunto de municípios brasileiros, de variáveis como extensão da rede de coleta de esgoto e

equipamentos de saúde, para os quais expoentes superlineares e sublineares foram encontrados. Encontramos também evidências exploratórias de que os desvios são efêmeros, e que as variáveis indicadoras dessas infraestruturas tendem a evoluir ao longo do tempo em direção aos valores esperados. Esses achados precisam ser validados, assim como novas evidências empíricas precisam ser buscadas em outros países em desenvolvimento, para outras variáveis e com definições funcionais de cidade mais abrangentes. Nossos achados mostram a importância de considerar os países em desenvolvimento/do Sul Global para tornar a hipótese da universalidade efetivamente universal.

Notas

¹ Artigo traduzido por Julio C. B. Vargas.

Publicado originalmente em: PLOS ONE
October 4, 2018. **Citação:** Meirelles J, Neto CR, Ferreira FF, Ribeiro FL, Binder CR (2018) *Evolution of urban scaling: Evidence from Brazil*. PLoS ONE 13(10): e0204574.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204574>

Referências

Alves L., Ribeiro A., Lenzi E., Mendes R. (2013). Distance to the scaling law: a useful approach for unveiling relationships between crime and urban metrics. *Plos one*, v. 8, n. 8, p. e69580.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069580>

Alves L., Ribeiro H., Lenzia E., Mendes R. (2014). Empirical analysis on the connection between power-law distributions and allometries for urban indicators. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v.409, p. 175–182.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2014.04.046>.

Arcaute E., Hatna E., Ferguson P., Youn H., Johansson A., Batty M. (2015). Constructing cities, deconstructing scaling laws. *Journal of The Royal Society Interface*, v. 12, n. 102, p. 20140745.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0745>.

Batty M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.

Bettencourt L.M. (2013). The origins of scaling in cities. *Science*, v. 340, n. 6139, p. 1438–1441.
<https://doi.org/10.1126/science.1235823>.

Bettencourt L.M., Lobo J., Youn H. (2013). The hypothesis of urban scaling: formalization, implications, and challenges. *arXiv preprint arXiv:1301.5919*.

Bettencourt L.M., Lobo J., Helbing D., Kuhnert C., West G. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the national academy of sciences*, v. 104, n. 17, p. 7301–7306.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0610172104>.

Bettencourt L.M., Lobo J. (2016). Urban scaling in Europe. *Journal of The Royal Society Interface*, v. 13, n. 116, p. 20160005.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0005>.

Bettencourt L.M., West G. (2010). A unified theory of urban living. *Nature*, v. 467, n. 7318, p. 912–913.
<https://doi.org/10.1038/467912a>.

- Cesaretti R., Lobo J., Bettencourt L.M., Ortman S., Smith M. (2016). Population-area relationship for Medieval European cities. *PloS one*, v. 11, n. 10, p. e016267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162678>
- Cottineau C., Arcaute E., Hatna E., Batty M. (2017). Diverse cities or the systematic paradox of urban scaling laws. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 63, p. 80–94. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.006>.
- Cura R., Cottineau C., Swerts E., Ignazzi C., Bretagnolle A., Vacchiani-Marcuzzo C., Pumain D. (2017). The Old and the New: Qualifying City Systems in the World with Classical Models and New Data. *Geographical Analysis*, v. 49, n. 4, p. 363–386. <https://doi.org/10.1111/gean.12129>.
- Dijkstra L., Poelman H. (2012). Cities in Europe: the new OECD-EC definition. *Regional Focus*, v. 1, p. 2012.
- Faria R., Nogueira J., Mueller B. (2005). Políticas de precificação do setor de saneamento urbano no Brasil: as evidências do Equilíbrio de Baixo Nível. *Estudos Econômicos*, v. 35, n. 3, p. 481–518.
- Fragkias M., Lobo J., Strumsky D., Seto K. (2013). Does size matter? Scaling of CO2 emissions and US urban areas. *PLoS One*, v. 8, n. 6, p. e64727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064727>
- Gomez-Lievano A., Youn H., West G. (2012). The statistics of urban scaling and their connection to Zipf's law. *PloS one*, v. 7, n. 7, p. e40393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040393>
- Gomez-Lievano A., Patterson-Lomba O., Hausmann R. (2016). Explaining the prevalence, scaling and variance of urban phenomena. *Nature Human Behaviour*, v. 1, p. 0012. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0012>.
- Habitat U.N. (2016). World Cities Report 2016: Urbanization and Development—Emerging Futures. Nairobi, *Publisher: UN-Habitat*.
- IBGE. (2010). Censo demográfico 2010. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <https://bit.ly/3jrHGOe>. [Consultado em: Dezembro/2014].
- IBGE-cidades. *IBGE-cidades*. Disponível em: <https://bit.ly/2E0LUMr>. [Consultado em: Março/2016].
- Ignazzi A.C. (2014). Scaling laws, economic growth, education and crime: evidence from Brazil. *L'Espace géographique*, v. 43, n. 4, p. 324–337.
- Ignazzi, A. C. (2015). PhD thesis: Coevolution in the Brazilian System of Cities. Université Paris 1. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/y1ds3lyegjb9pta/Th%C3%A9se%20Doctorat%20G%C3%A9ographie%20Ignazzi_Paris1.pdf?dl=0].
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Dados econômicos brasileiros. Disponível em: <https://bit.ly/2OPz0Do>. [Consultado em: Novembro/2013].
- Leitao J., Miotto J., Gerlach M., Altmann E. (2016). Is this scaling nonlinear?. *Royal Society Open Science*, v. 3, n. 7, p. 150649. <https://doi.org/10.1098/rsos.150649>.
- Louf R., Roth C., Barthelemy M. (2014). Scaling in transportation networks. *PLoS One*, v. 9, n. 7, p. e102007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102007>
- Louf R., Barthelemy M. (2014). Scaling: lost in the smog. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 41, n. 5, p. 767–769. <https://doi.org/10.1068/b4105c>.
- Martine G., Mcgranahan G. (2010). *Brazil's Early Urban Transition: What Can It Teach Urbanizing Countries?*. IIED.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Cadastro Nacional de Unidades de Conservação*. Disponível em: <https://bit.ly/3eSplGL>. [Consultado em: Novembro/2016].
- Muller N., Jha A. (2017). Does environmental policy affect scaling laws between population and pollution? Evidence from American metropolitan areas. *PloS one*,

- v. 12, n. 8, p. e0181407.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181407>
- Nelson R. (1956). A theory of the low-level equilibrium trap in underdeveloped economies. *The American Economic Review*, v. 46, n. 5, p. 894–908.
- OSM - Open Street Maps. Dados do Brasil. Disponível em: <https://bit.ly/32Kol52>. [Consultado em: Agosto/2013].
- Ortman S., Cabaniss A., Strum J., Bettencourt L.M. (2014). The pre-history of urban scaling. *PloS one*, v. 9, n. 2, p. e87902. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087902>.
- Pumain D., Paulus F., Vacchiani-Marcuzzo C., Lobo J. (2006). An evolutionary theory for interpreting urban scaling laws. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.2519>.
- Ribeiro F., Meirelles J., Ferreira F., Neto C. (2017). A model of urban scaling laws based on distance dependent interactions. *Royal Society Open Science*, v. 4, n. 3, p. 160926. <https://doi.org/10.1098/rsos.160926>.
- Rybski D., Reusser D., Winz A., Fichtner C., Sterzel T., Kropp J. (2017). Cities as nuclei of sustainability?. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, v. 44, n. 3, p. 425–440.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2014). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012. Brasília.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série Histórica. Disponível em: <https://bit.ly/3eYgvr2>. [Consultado em: Março/2017].
- Strano E., Sood V. (2016). Rich and poor cities in Europe. An urban scaling approach to mapping the European economic transition. *PloS one*, v. 11, n. 8, p. e0159465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159465>
- West G. (2017). *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*. Penguin.

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Evolution of urban scaling: Evidence from Brazil

Abstract. During the last years, the new science of cities has been established as a fertile quantitative approach to systematically understand the urban phenomena. One of its main pillars is the proposition that urban systems display universal scaling behavior regarding socioeconomic, infrastructural and individual basic services variables. This paper discusses the extension of the universality proposition by testing it against a broad range of urban metrics in a developing country urban system. We present an exploration of the scaling exponents for over 60 variables for the Brazilian urban system. Estimating those exponents is challenging from the technical point of view because the Brazilian municipalities' definition follows local political criteria and does not regard characteristics of the landscape, density, and basic utilities. As Brazilian municipalities can deviate significantly from urban settlements, urban-like municipalities were selected based on a systematic density cut-off procedure and the scaling exponents were estimated for this new subset of municipalities. To validate our findings we compared the results for overlaying variables with other studies based on alternative methods. It was found that the analyzed socioeconomic variables follow a superlinear scaling relationship with the population size, and most of the infrastructure and individual basic services variables follow expected sublinear and linear scaling, respectively. However, some infrastructural and individual basic services variables deviated from their expected regimes, challenging the universality hypothesis of urban scaling. We propose that these deviations are a product of top-down decisions/policies. Our analysis spreads over a time-range of 10 years, what is not enough to draw conclusive observations, nevertheless we found hints that the scaling exponent of these variables are evolving towards the expected scaling regime, indicating that the deviations might be temporally constrained and that the urban systems might eventually reach the expected scaling regime.

Keywords: scaling laws, cities, complex systems, Brazilian cities.

Editor responsável pela submissão: Julio C. B. Vargas.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.



Identificação de composições da paisagem urbana: uma abordagem de *deep learning*

Ana Luiza Favarão Leão^a , Hugo Queiroz Abonizio^b , Sylvio Barbon Júnior^c ,
Milena Kanashiro^d 

^a Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Londrina, PR, Brasil. E-mail: analuiza.favarao@uel.br

^b Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Computação, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Londrina, PR, Brasil. E-mail: hugo.abonizio@uel.br

^c Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Computação, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Londrina, PR, Brasil. E-mail: barbon@uel.br

^d Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Londrina, PR, Brasil. E-mail: milena@uel.br

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.140>

Submetido em 8 de março de 2020. Aceito em 21 de maio de 2020.

Resumo. *A composição do ambiente pode exercer impactos sobre seus usuários, no entanto, esta relação permanece incerta até que as composições da paisagem urbana e suas qualidades espaciais possam ser analisadas empiricamente. Imagens obtidas através do Google Street View (GSV) possibilitam um grande volume de dados para avaliação automatizada das características ambientais. Técnicas de deep learning têm avançado na identificação de elementos compositivos do ambiente construído. Neste sentido, este estudo busca investigar e testar um procedimento de identificação da configuração e composição da paisagem urbana, por meio da classificação de imagens obtidas pelo GSV. A partir de um banco de imagens de três bairros de Londrina-PR, um modelo de deep learning para classificação de imagens foi proposto. O modelo obteve um bom desempenho, atribuindo corretamente 87,6% das amostras dos respectivos bairros do estudo de caso. Características compositivas foram empiricamente identificadas, considerando a distribuição das amostras no espaço de busca obtido. O modelo proposto contribui na definição de recortes espaciais bem como na mensuração de qualidades ambientais, otimizando coletas de dados, ampliando amostras e conferindo objetividade aos resultados. Esta abordagem contribui na expansão das escalas analíticas da cidade, identificando padrões compositivos e relacionais para o entendimento de elementos influentes no comportamento humano.*

Palavras-chave. *morfologia urbana, ambiente construído, aprendizado profundo, classificação de imagens, Google Street View.*

Introdução

A cidade como um artefato antrópico, com diferentes configurações, reflete a complexidade das relações socioespaciais. Assim, composição e forma da cidade, resultado de características naturais e construídas, são parâmetros importantes em

análises voltadas ao Planejamento e Projeto Urbano. A composição do ambiente construído tem sido associada a atividade física realizada pelos residentes (Sallis et al., 2015), sua satisfação com o ambiente (Lee et al., 2017), segurança contra o crime (Kamalipour, Faizi e Memarian, 2014) e até a felicidade dos indivíduos (Kent, Ma e

Mulley, 2017; Seresinhe *et al.*, 2019). Neste sentido o design urbano pode influenciar as escolhas e o comportamento das pessoas. No entanto, esta relação permanece incerta até que as composições da paisagem urbana e suas qualidades espaciais possam ser definidas, quantificadas, medidas e testadas empiricamente (Ewing e Handy, 2009).

Dentre as diversas abordagens teórico-metodológicas de análise do ambiente urbano, desde leituras históricas, morfológicas, de apropriações, de percepções, ou de temporalidades, uma das estratégias é a definição de recortes espaciais, a partir do reconhecimento de padrões. Por exemplo, a delimitação de Unidades de Paisagem permite a identificação dos atributos responsáveis pela dinâmica da paisagem (Amorim e Oliveira, 2008); a definição de setores/distritos/bairros define limites para agregação de dados para a caminhabilidade (Gehrke e Wang, 2020); a concepção de unidades homogêneas urbanas para o agrupamento de áreas com as mesmas características ambientais e/ou físico-espaciais para o estabelecimento de classes de usos urbanos (Medeiros e Grigio, 2019). Tais processos buscam a definição de padrões espaciais, a partir de parâmetros pré-definidos. Para esse procedimento, análises de características individuais e posteriores sobreposições de informações para a delimitação de áreas têm sido realizadas por meio de levantamentos de dados secundários, de campo e de definição de critérios.

Nos últimos anos, imagens urbanas de produtos online como *Google Street View* (GSV) têm se tornado cada vez mais disponíveis, retratando o ponto de visão do usuário (Middel *et al.*, 2019). Por meio do uso destas ferramentas, se torna possível testar abordagens *de big data* e de aprendizado de máquina para estudos de caracterização visual de elementos tipológicos (Doersch *et al.*, 2012; Yin e Wang, 2016; Liu *et al.*, 2017; Moosavi, 2017; Zhang *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2018), a mensuração de qualidades urbanas que possivelmente influenciam o comportamento e bem-estar na escala da rua (Yin *et al.*, 2015; Yin e Wang, 2016; Liu *et al.*, 2017), assim como o uso de imagens de alta

resolução para os estudos de morfologia urbana (Moosavi, 2017; Shen *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017). Este tipo de procedimento pode ser uma alternativa mais eficiente (Ben-Joseph *et al.*, 2015) se comparado à levantamentos ou auditorias em campo que além de possivelmente sujeitos a subjetividade, são mais onerosos e requerem deslocamentos em locais nem sempre seguros para o pesquisador (Badland *et al.*, 2010).

Por outro lado, os métodos de aquisição de imagens urbanas como o GSV possibilitam a obtenção de um grande volume de dados para a realização das análises. Desta forma, a avaliação automatizada de características compositivas do ambiente demonstra potencial para incorporação na área. Neste contexto, abordagens que utilizam aprendizado de máquina têm ganhado espaço na literatura. Tais métodos objetivos de obtenção de dados do espaço urbano diminuem a necessidade de despende tempo em levantamentos *in loco*, ainda possibilitando um maior volume de dados (Zhang *et al.*, 2018).

Entretanto, o aprendizado de máquina tradicional limita-se à necessidade de extração de características previamente definidas que descrevam o problema e à sua capacidade de lidar com dados de alta dimensionalidade (e.g. pixels de uma imagem obtida através do GSV), resultando no problema conhecido como Maldição da Dimensionalidade (Poggio *et al.*, 2017). Em contrapartida, métodos de *deep learning* apresentam múltiplas camadas de processamento e representação de dados, por meio da composição de módulos não lineares que transformam a representação inicial (e.g. pixels de uma imagem), em elementos de um maior nível de abstração (Lecun, Bengio e Hinton, 2015). Técnicas de *deep learning*, como redes neurais convolucionais, têm avançado com aplicações de visão computacional em muitos domínios de pesquisa, inclusive na identificação de elementos compositivos do ambiente construído como a estética (Tan *et al.*, 2017) e paisagem (Zhou *et al.*, 2016).

Considerando tais aspectos metodológicos e conceituais, esta pesquisa apresenta como

objetivo geral, testar um procedimento de identificação da configuração e composição da paisagem urbana, por meio de uma abordagem de classificação de imagens na aplicação de um método de *deep learning*. A partir da hipótese de que as imagens avaliadas, por meio de um modelo de classificação, permitirão o reconhecimento de padrões do ambiente construído em imagens obtidas através do GSV. Este trabalho explora e discute a aplicação de modelos de *deep learning* como ferramenta para a análise da paisagem urbana. Em suma, busca-se agrupar composições similares geo-informativas (Doersch et al., 2012) da paisagem. A partir de um banco de imagens, características compositivas foram identificadas, considerando a distribuição das amostras no espaço de busca construído através de um modelo de classificação.

Os resultados da presente pesquisa contribuem no fomento de pesquisas com aplicações de *deep learning* para a compreensão de leituras de paisagem urbana

de forma objetiva e baseada em evidências. O modelo criado obteve uma acurácia de 87,6%, indicando uma boa capacidade de generalização. Este resultado demonstra um bom desempenho do modelo, indicando que características compositivas que variam entre os bairros foram corretamente abstraídas, aprendidas e reconhecidas. /um prisma de caráter subjetivo e limitado a pequenas amostras (Yin e Wang, 2016).

Métodos

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, visto que o fenômeno analisado é contemporâneo e contextual, portanto indissociável da realidade (Yin, 2001). Como caso, três setores definidos pelo município foram adotados como recorte na cidade de Londrina-PR, considerando, principalmente, suas diferenças socioeconômicas, temporalidades de desenvolvimento, traçado urbano e localização geográfica: Centro Histórico, Cinco Conjuntos e Gleba Palhano (Figura 01).

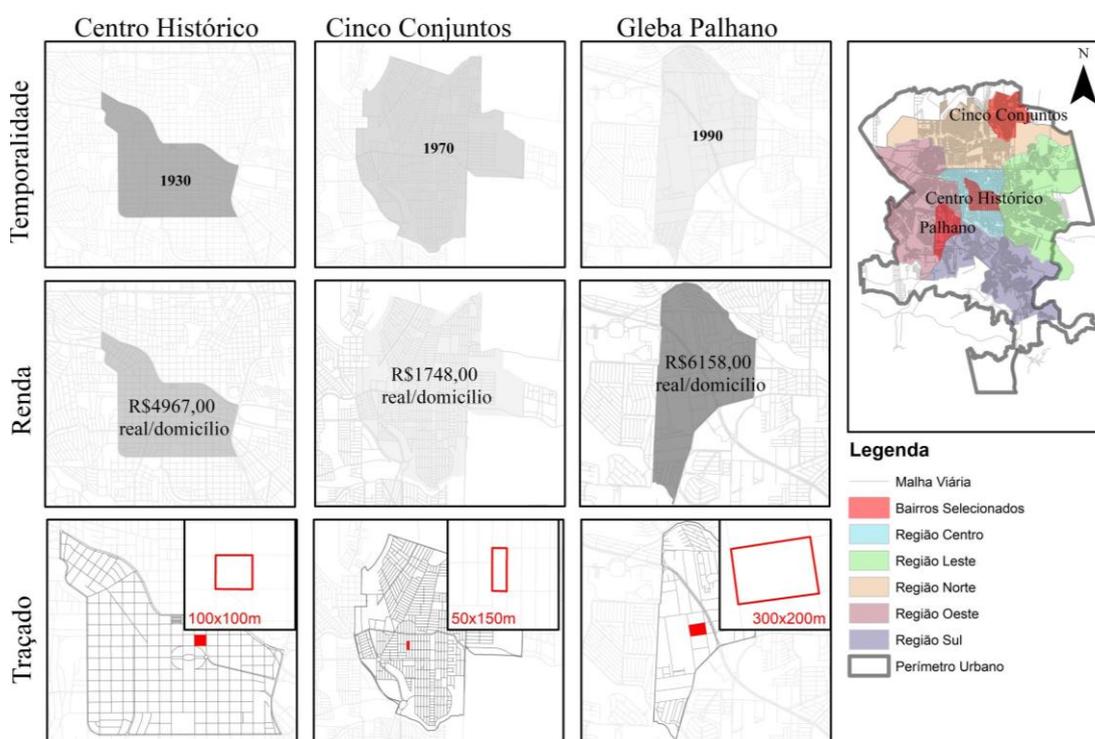


Figura 1. Bairros selecionados (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

Londrina apresenta uma população estimada, em 2019, de 569.733 hab. (IBGE, 2018). A cidade foi construída, a partir de um pré-projeto em 1932, como parte do processo de

colonização da Companhia de Terras Norte do Paraná, no contexto histórico da produção cafeeira. Os anos seguintes foram crescentemente marcados por um

crescimento urbano ao redor de um núcleo planejado (Töws, Mendes e Vercezi, 2010), que configura hoje o bairro chamado de Centro Histórico. Características de ortogonalidade da malha, intenso uso misto e adensamento residencial vertical, marcam a valorização do núcleo inicial da cidade.

A Gleba Palhano, um setor localizado na Zona Sudoeste de Londrina, iniciou sua consolidação a partir dos anos 90. Inúmeros fatores condicionaram o desenvolvimento desta área, mas principalmente o apelo ao mercado imobiliário pela localização privilegiada dentro da malha urbana, sendo até hoje objeto de grande valorização fundiária. Atualmente é a região mais valorizada da cidade, superando o Centro Histórico (Oura, 2006). Caracterizada por uma intensa ocupação verticalizada, o padrão de condomínios alocados em grandes lotes é direcionado para a população de alta renda.

O desenvolvimento da Zona Sudoeste de Londrina se contrapõe ao da Zona Norte, caracterizada, sobretudo pelos empreendimentos de habitação de interesse social, para a classe baixa e focos de favelamento (Töws, Mendes e Vercezi, 2010). O Cinco Conjuntos, a terceira área selecionada, situa-se na Zona Norte e tem sua origem em projetos habitacionais da década de 1970. Este empreendimento foi mediado pela logística de construções de casas da Companhia de Habitação – COHAB/LDA, responsável por subsidiar verba para construção de habitações de baixa renda por toda periferia de Londrina (Beidack e Fresca,

2011). A partir da década de 1990, com um adensamento populacional consolidado, uma nova dinâmica, a avenida Saul Elkind estabeleceu-se como centralidade com atividades de comércio e prestação de serviços.

Para criação do modelo de identificação dos bairros foi utilizada uma abordagem de aprendizado de máquina supervisionado, no qual um conjunto de amostras rotuladas com a classe correspondente é utilizado para modelar a distribuição condicional das classes que compõem o problema (Bishop, 2006). Nesta abordagem um modelo é induzido por pares de entradas e saídas que são utilizados no aprendizado de padrões presente nos dados. Neste trabalho tem-se como entrada para o modelo uma imagem da paisagem urbana e como saída o bairro a qual a imagem pertence.

O desenvolvimento do modelo e análise dos resultados foram divididos em quatro etapas: (1) a coleta de dados, na qual foi realizada a aquisição das imagens disponíveis no GSV; (2) o pré-processamento, em que as imagens passam por uma fase de tratamento que visa melhorar a qualidade dos dados; e (3) a etapa de indução do modelo, para a realização do treinamento utilizando as amostras que foram pré-processadas e o algoritmo de aprendizado de máquina; e, por fim, (4) a análise dos resultados por meio de técnicas de interpretação do modelo. A Figura 02 ilustra as etapas do processo, detalhadas na sequência.

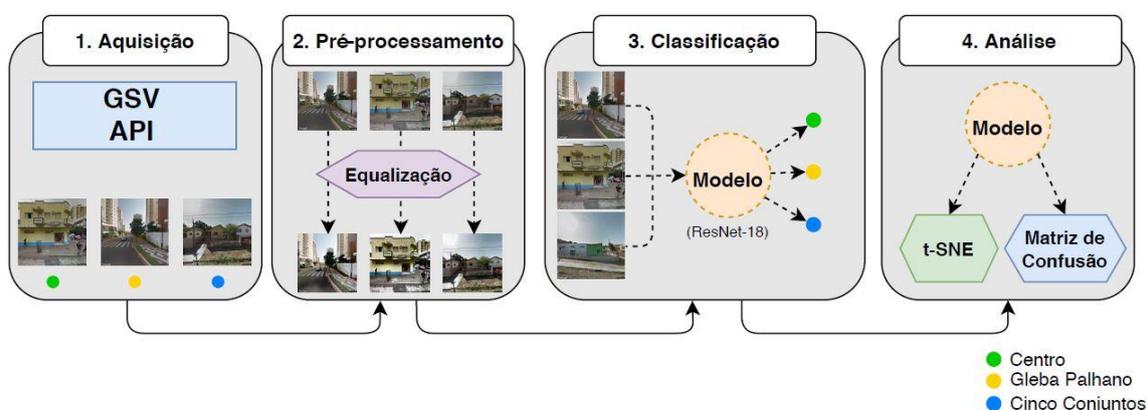


Figura 2. Etapas do desenvolvimento metodológico da pesquisa (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

Aquisição

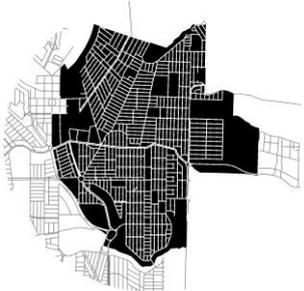
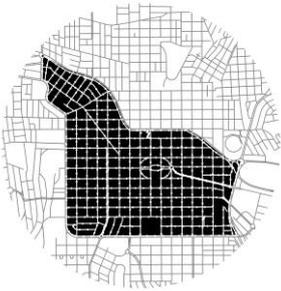
Uma amostragem de pontos distribuídos de 100 em 100 metros pela rede viária foi realizada por meio do software ArcGis 10.6. O toolbox de Gerenciamento de dados foi utilizado, com a ferramenta Generate Points Along Lines, que aloca pontos ao longo de linhas em intervalos fixos. Considerando dados de centro de via disponibilizados pela Prefeitura de Londrina (Prefeitura do Município de Londrina, 2020), a medida adotada foi utilizada por representar a dimensão aproximada das quadras do plano inicial da cidade (Yamaki, 2017, p. 64).

Por meio da API (Application Programming Interface) do GSV, imagens foram obtidas a partir da localização geográfica dos pontos amostrais. Os seguintes parâmetros foram utilizados para as requisições: câmera orientada ao norte, rotação vertical neutra em relação ao solo e definição de campo de visão

de 90 graus. As amostras que resultaram em um erro de aquisição pela API, devido à falta de imagens para a dada coordenada, foram descartadas.

Um total de 2.017 amostras foi obtido, conformando a base de imagens utilizada nesta pesquisa (Tabela 01). A amostragem totalizou n=554 pontos no setor do Centro Histórico, n=368 pontos na Gleba Palhano e n=1095 no Cinco Conjuntos. Houve um desequilíbrio do número amostral por setor, em virtude, principalmente, da quantidade de vias existentes. Aponta-se que o setor do Cinco Conjuntos além de possuir a maior dimensão em área, possui uma rede viária mais extensa (Tabela 01) em função de um macro parcelamento marcado por quadras retangulares com lotes de dimensões mínimas.

Tabela 1. Características da malha e amostragem (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

	Cinco Conjuntos	Centro Histórico	Gleba Palhano
Setor			
Extensão	129,76 km	49,68 km	61,16 km
Rede Viária	6,80km ²	4,26km ²	3,26km ²
Amostra	1095	554	368

Pré-Processamento

A partir das amostras coletadas, o passo seguinte foi o pré-processamento das imagens, visando melhorar a qualidade das predições produzidas pelo modelo e evitando o sobreajuste em características pouco informativas. Considerando que as imagens foram adquiridas pelo GSV em diferentes horários do dia e em diferentes condições

climáticas, foi realizado um tratamento para evitar que características como a iluminação e a saturação fossem evidenciadas pelo modelo e reconhecidas como informações relacionadas ao bairro.

Para remover as diferenças de iluminação, foi utilizado um espaço de cor onde, diferente do padrão RGB, a iluminação é isolada dos outros componentes da imagem. Sendo

assim, as imagens foram convertidas para o espaço de cor YCbCr, utilizando a biblioteca OpenCV¹. YCbCr é um espaço de cor em que o canal Y representa a luminância, o canal Cb a cromaticidade azul e Cr a cromaticidade vermelha (Gowda e Yuan, 2019). Dessa forma, o histograma do canal de luminância foi utilizado para equalizar as imagens. Criou-se assim, uma distribuição mais ampla e uniforme dos valores de intensidade do canal Y, atenuando as diferenças causadas pelos contrastes da iluminação.

Classificação

Após o pré-processamento, com o conjunto de imagens adequadas para modelagem, o passo seguinte foi a criação do modelo de classificação de imagens. Com o intuito de avaliar o desempenho do modelo sem nenhum viés indutivo, as imagens foram divididas em um conjunto de treino e um conjunto de teste, onde o primeiro é utilizado para a indução do modelo e o segundo é utilizado para avaliar o desempenho do modelo induzido. Sendo assim, o conjunto de teste serve como parâmetro para quantificar a capacidade de generalização do modelo em novas amostras, ou seja, amostras não utilizadas durante a fase de treinamento (Bishop, 2006). Dessa forma, as amostras foram separadas aleatoriamente e de maneira estratificada em relação a classe em um conjunto contendo 80% das imagens utilizado para o treinamento do modelo e os 20% restantes foram utilizados para medir o desempenho.

Em seguida, para a criação do modelo de classificação de imagens, foi selecionada a arquitetura ResNet (He e Sun, 2016), uma Rede Neural Convolutiva que utiliza blocos residuais e conexões de atalho para evitar o problema da dissipação do gradiente (Glorot e Bengio, 2010). Essa arquitetura se mostrou eficaz em uma grande variedade de problemas, incluindo aplicações em análise de imagens médicas (Litjens et al., 2017), agricultura (Kamilaris e Prenafeta-Boldú, 2018), descrição automática de cenas (Anderson et al., 2018) e identificação de pedestres (Fan et al., 2018). Sendo assim, a arquitetura ResNet se mostra robusta e

adequada para diversas aplicações em análise de imagem.

Foi utilizada uma rede ResNet com 18 camadas (ResNet-18) previamente treinada com o banco de dados ImageNet (Deng et al., 2009). Tal abordagem tem como objetivo utilizar os padrões aprendidos em grandes conjuntos de dados – como o ImageNet, que contém milhões de amostras – e transferir este aprendizado para alavancar a identificação de características com uma quantidade menor de amostras. Estes padrões vão desde características simples como linhas e bordas até características mais complexas como formas poligonais e texturas em camadas mais profundas da rede.

A partir da rede inicializada com os pesos previamente treinados, foi realizada a sintonia fina do modelo ao longo de 30 épocas usando o algoritmo Adam (*Adaptive Moment Estimation*) (Kingma e Ba, 2014) para otimizar os parâmetros. Dessa forma, os parâmetros aprendidos no treinamento prévio são ajustados no conjunto de dados da base investigada, aprendendo a classificar as imagens em seu respectivo bairro.

Uma vez que existe um desbalanço entre as classes, isto é, quantidades diferentes de amostras em cada classe (i.e. bairros), sendo uma delas significativamente maior que as outras, foram utilizados diferentes pesos entre as classes para compensar a representatividade de cada classe no conjunto total. Também foram aplicadas técnicas tradicionais de *data augmentation*, como rotação horizontal, que dobra a variação das imagens espelhando o eixo horizontal, e recorte aleatório, que cria diversas variações da imagem mantendo o mesmo centro (Takahashi, Matsubara e Uehara, 2019; Shorten e Khoshgoftaar, 2019). Tais procedimentos foram implementados através da biblioteca de aprendizado de máquina *PyTorch*² e seus parâmetros padrão.

Análise

Com o objetivo de compreender os padrões reconhecidos pelo modelo e interpretar as características modeladas, foi realizada uma visualização em duas dimensões das amostras presentes no conjunto de teste

utilizando uma técnica de redução de dimensionalidade. A técnica escolhida foi t-SNE (*t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding*), um método não linear de visualização de dados com uma alta dimensionalidade que atribui a cada ponto de um espaço N-dimensional uma localização em um novo espaço 2D ou 3D (Maaten e Hinton, 2008).

O algoritmo funciona criando uma distribuição de probabilidade Gaussiana baseada na similaridade entre cada par de amostras no espaço original. Assim, essa distribuição é recriada utilizando a distribuição t-Student no novo espaço de baixa dimensionalidade. A otimização da distribuição na nova projeção é feita através de gradiente descendente na divergência de Kullback-Leibler entre as duas distribuições. Diferente de outras técnicas de redução de dimensionalidade que levam em consideração apenas relações lineares no espaço de características, como a Análise de Componentes Principais (Borges, 2010), a t-SNE mapeia também relações não lineares complexas da estrutura local e global dos dados.

Para visualização das amostras no espaço de características do modelo treinado, foi extraída a representação resultante da última camada de convolução da rede, antes de ser passada para a camada de classificação. Dessa forma, são extraídos vetores com 512 valores para cada imagem, representando as características aprendidas pelo modelo para classificação das imagens. A partir dos vetores de características das imagens, as amostras foram então projetadas em duas dimensões utilizando t-SNE (Chan et al., 2018).

Além da visualização das amostras no espaço de características, também foi utilizada a matriz de confusão (Powers, 2011), a qual apresenta a contagem de amostras em relação ao seu rótulo real e a predição feita pelo modelo de classificação. Dessa forma, é possível analisar o desempenho do modelo em relação a cada classe e as relações de similaridade aprendidas entre elas, na

comparação entre o rótulo real das amostras e o rótulo obtido pela classificação.

Resultados

Para visualização das amostras no espaço de características aprendidas pelo modelo, foi utilizada a técnica t-SNE. A Figura 03 apresenta dois gráficos com a distribuição das amostras do conjunto de teste, diferenciando o bairro a qual pertence a amostra pela cor e destacando as amostras que foram erroneamente classificadas. Assim, a partir desta projeção foi possível identificar padrões de agrupamentos das amostras na estrutura do espaço de características aprendidas.

O gráfico à esquerda na Figura 03(a) apresenta duas grandes aglomerações dos bairros Centro e Cinco Conjuntos, indicando uma clara divisão das características detectadas nas imagens dos dois bairros. A Gleba Palhano, em uma posição intermediária, divide-se em dois grupos, um mais próximo das amostras do bairro Cinco Conjuntos e outro do Centro. Essa divisão em dois subgrupos decorreu de características no bairro Gleba Palhano se assemelharem ao Cinco Conjuntos e ao Centro. Parte do bairro possui uma estrutura recente verticalizada - se assemelhando às características encontradas no Centro - enquanto em outras partes ainda são encontrados muitos terrenos vazios e áreas em desenvolvimento.

O gráfico à direita na Figura 03(b) identifica as amostras que tiveram o rótulo atribuído pelo modelo diferente do bairro a qual ela pertence. É importante destacar que existe uma área entre as aglomerações das classes que é mais 'nebulosa', não havendo uma distinção linear entre elas. Desta forma, é possível identificar amostras do bairro Centro inseridas no grupo do bairro Cinco Conjuntos, acontecendo o mesmo para as outras combinações de classe. Tal fato foi decorrência das características similares da paisagem presentes nestas áreas. Portanto, justamente as amostras nas áreas de transição entre as classes, locus de maior perturbação, foram aquelas que o modelo erroneamente predisse o bairro.

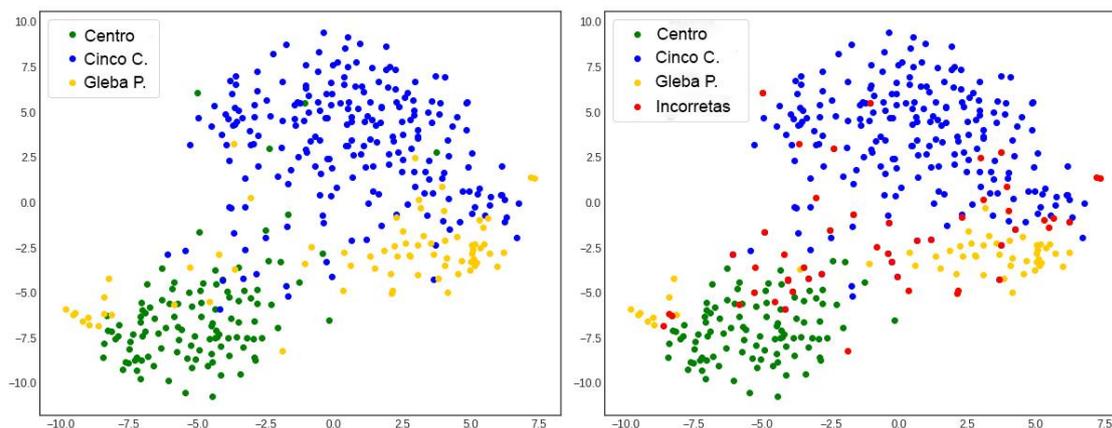


Figura 3. Espaço de características - Projeção em duas dimensões das amostras utilizando t-SNE; (a) à esquerda: formação de aglomerações de amostras da mesma classe; (b) à direita: destaque das amostras classificadas erroneamente pelo modelo (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

Além da visualização da divisão das classes das amostras no espaço de características, a projeção em duas dimensões das amostras com as imagens originais em cada ponto do espaço bidimensional foi gerada (Figura 04). Desta forma, é possível observar a similaridade, das amostras em conjuntos próximos no espaço, em comparação com as amostras em conjuntos mais distantes. Os agrupamentos reconhecidos na Figura 03 são

facilmente identificados na Figura 04, evidenciando a diferença das características na composição da paisagem do Cinco Conjuntos, na parte superior, e do Centro, na parte inferior. Os dois grupos separados de amostras da Gleba Palhano também são identificáveis nas áreas próximas ao Cinco Conjuntos, na parte direita do gráfico, e do Centro, no canto inferior esquerdo.

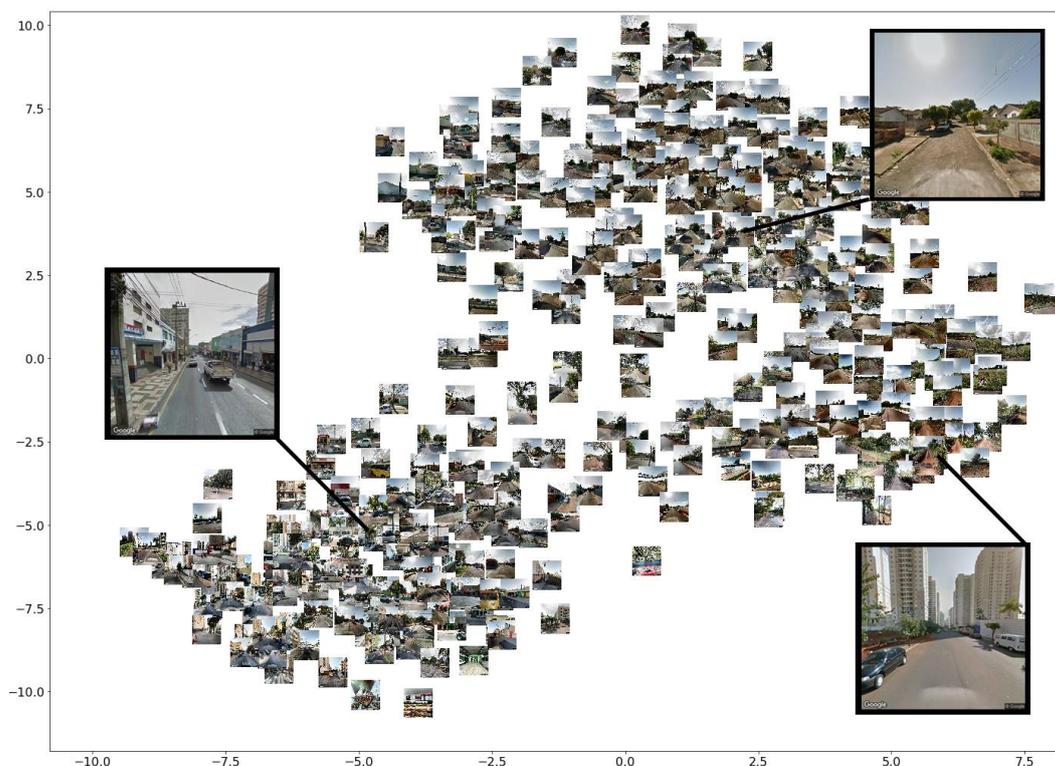


Figura 4. Projeção em duas dimensões das amostras utilizando t-SNE exibindo as imagens coletadas em cada ponto do espaço bidimensional (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

Foi realizada a matriz de confusão comparando o rótulo real das amostras, ou seja, o bairro ao qual a amostra originalmente pertence, e o rótulo predito pelo modelo de classificação no conjunto de teste (Tabela 02). Foi possível entender quais foram os principais erros do modelo em relação a cada classe do problema. Para analisar o número de amostras corretas e incorretas deve ser considerado o desequilíbrio de amostras entre as classes.

O bairro em que o modelo de classificação obteve o melhor desempenho foi o do bairro Cinco Conjuntos, onde apenas 6% das amostras do conjunto de testes foram classificadas erroneamente. Tal fato pode ser explicado por duas questões: esta classe é a que apresenta a maior quantidade de amostras no problema, o que representa uma grande variabilidade de composições para serem aprendidas pelo modelo no conjunto de treino e generalizadas para o conjunto de teste; outra explicação para o melhor desempenho nesta classe é a homogeneidade da paisagem, fruto de empreendimentos de habitação de interesse social predominantes no local

O Centro obteve o desempenho mediano, com equívoco em 12% das amostras do conjunto de teste. Apesar de apresentar uma menor dispersão no espaço de características, comparativamente às amostras do Cinco Conjuntos, o modelo identificou amostras de outras classes com características morfológicas similares. Isso ocorre provavelmente em função de aspectos temporais que caracterizam o local com elementos inerentes a sedimentação do espaço central da cidade.

O pior desempenho foi da Gleba Palhano, com 31% das amostras classificadas equivocadamente. A classe está aglomerada

principalmente em duas regiões, entretanto, existem amostras dispersas na área intermediária entre as classes. Essa ocorrência pode estar associada ao menor número de amostras da classe. Este fato dificulta o aprendizado das características durante a fase de treinamento em função da redução de variabilidade no espaço. A Figura 03 mostra que foram os pontos de maior dificuldade de distinção entre as classes.

A Figura 05 exemplifica situações nas quais o modelo erroneamente classificou as amostras. Em relação a predições do bairro Centro Histórico, imagens incorretamente preditas como pertencentes ao bairro Cinco Conjuntos podem ser retratadas pelo exemplo que contempla características de uma paisagem residencial, no caso com elementos estéticos de tipologias residenciais mais antigas da cidade como a platibanda. Ainda, exemplifica-se uma predição do Centro Histórico como pertencente à Gleba Palhano através de uma imagem que retrata uma paisagem mista, com elementos de verticalização e unidades de apenas 1 pavimento. O bairro Cinco Conjuntos apresentou amostras erroneamente preditas como sendo do Centro Histórico principalmente em imagens que retratam tipologias tipicamente comerciais, bastante típicas do centro da cidade. Em contrapartida, amostras representativas do bairro Cinco Conjuntos foram interpretadas como sendo da Gleba Palhano, em muitos casos, quando vazios urbanos eram retratados. A Gleba Palhano foi erroneamente classificada como Centro Histórico em imagens que retratam principalmente tipologias comerciais e fachadas ativas. Por outro lado, foi predita como Cinco Conjuntos em imagens de vazios urbanos.

Tabela 2. Matriz de confusão (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

		Rótulo Predito		
		Centro	Cinco Conjuntos	Gleba Palhano
Rótulo Real	Centro	98	8	5
	Cinco Conjuntos	6	205	8
	Gleba Palhano	10	13	51

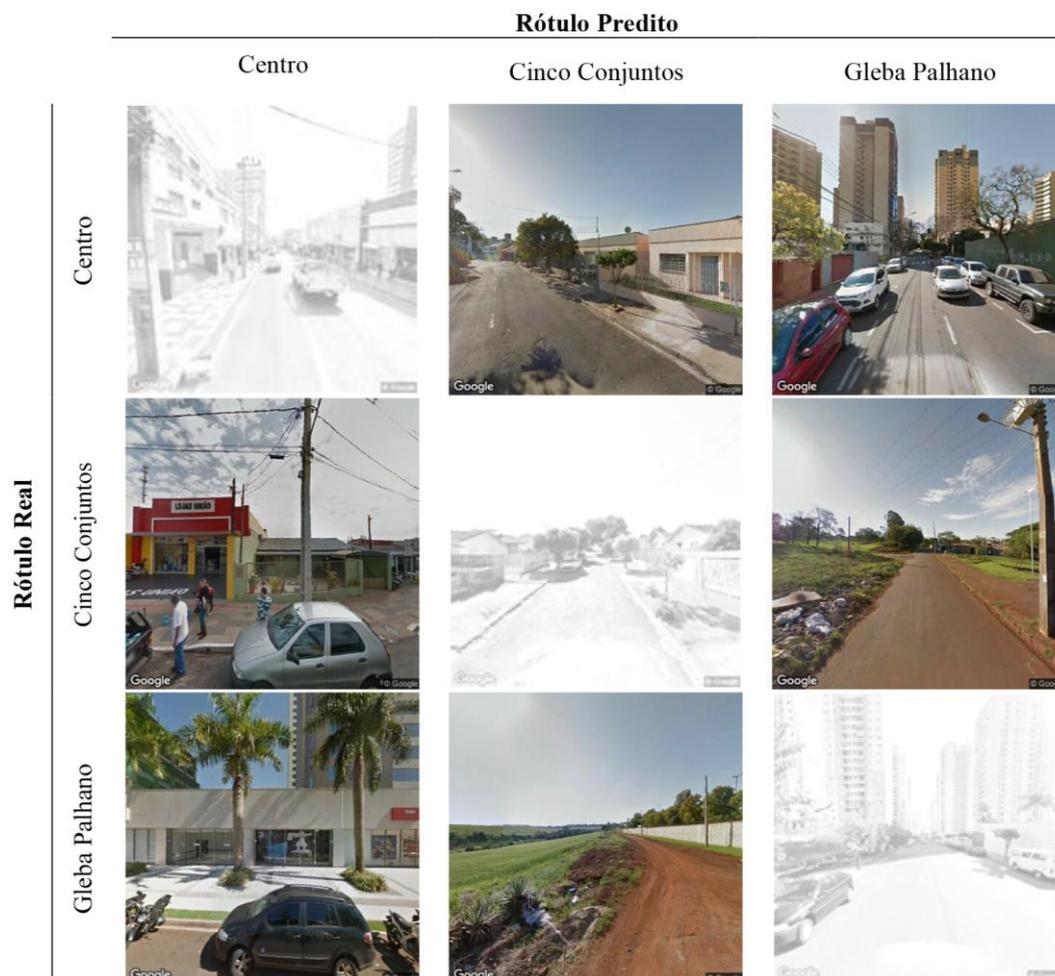


Figura 5. Imagens incorretamente classificadas (fonte: elaborado pelos autores, 2020).

Discussões

Os resultados demonstram a logicidade no uso do aprendizado de máquinas para a identificação de características da paisagem urbana. O modelo apresentou uma maior capacidade preditiva ao extrair as principais particularidades do setor da Zona Norte da cidade - áreas de empreendimentos de habitação de interesse social - de uma homogeneidade de edificações horizontais. Tais características aumentam a proporção de céu nas imagens, e pela localização periférica a linha do horizonte se dá de forma constante.

No contraponto, no centro da cidade, as áreas verticalizadas de configuração mais compacta e padrões de edificações comerciais e de serviços e, conseqüentemente com a presença de fachadas ativas, foram identificadas de maneira coerente. Elementos como a quantidade de carros, presença de

estacionamentos nas vias e sinalização intensa de trânsito parece ter contribuído para a correta identificação.

Pode-se pontuar que as amostras que representam edifícios comerciais do centro e da zona norte foram diferenciadas, na sua maioria, corretamente inseridas em seus contextos, indicando padrões tipológicos de diferentes categorias (vicinal ou não) e uma leitura relacional da composição da paisagem entre os setores.

A vegetação parece ser outro elemento importante de identificação da paisagem urbana no uso da visão computacional. Tem-se como suposição que fatores relacionados não apenas a existência, mas também os tipos de vegetação, a maturação e a manutenção das áreas vegetadas foram indicativos da associação correta de imagens de vegetação nos respectivos setores analisados.

Classificações incorretas foram detectadas principalmente no setor Sudoeste da cidade, a Gleba Palhano. Conjectura-se que este resultado se deu em função da recência da região, ainda em consolidação, assim compartilhando características relevantes com os outros dois bairros. A existência de vazios e antigos remanescentes de edificações isoladas encontradas na Gleba Palhano são características também da Zona Norte. Ainda, a recente verticalização é uma similaridade com a área Central. Portanto, entende-se que as imprecisões decorreram pelo processo de consolidação do setor.

A passagem do tempo e a manutenção dos elementos físicos do ambiente urbano são indicativos nem sempre objetivos em avaliações da paisagem, pois apresentam um fator de leitura vinculado à percepção/cognição dos profissionais. Porém, na aplicação da metodologia de classificação de imagens, conjectura-se que a temporalidade foi interpretada no processamento das imagens, tanto na vegetação quanto no desgaste aparente dos materiais das edificações.

Leituras clássicas do ambiente, como a de Christopher Alexander (1979), propõem que elementos como prédios, muros, ruas e cercas, formam padrões interrelacionados. Entretanto a identificação destes padrões é marcada pela subjetividade. A identificação da configuração e composição da paisagem através da metodologia utilizada aponta para o avanço no uso de procedimento de aprendizado de máquina, por meio da classificação de imagens como estratégia inovadora paralela às leituras urbanas tradicionais. A visão computacional implementada com o uso de *deep learning* permitirá expandir as escalas analíticas da cidade, identificando seus padrões compositivos e relacionais.

Conclusões

Por meio da aplicação do procedimento de identificação da configuração e composição da paisagem urbana, no uso de um método de *deep learning* para classificação de imagens, demonstrou-se o potencial desta abordagem para identificação de características do ambiente construído. Apresentamos uma

abordagem efetiva para objetivamente identificar e classificar a forma e composição urbana de bairros com diferentes níveis socioeconômicos, temporalidades de desenvolvimento e, conseqüentemente, diferentes composições da paisagem. O modelo criado obteve uma acurácia de 87,6%, indicando uma boa capacidade de generalização. Assim, entende-se que as características compositivas dos diferentes bairros foram efetivamente identificadas.

Limitações do estudo incluem, principalmente, elementos relacionados às imagens obtidas no GSV: (1) a visão das câmeras difere daquela de um pedestre, pois as imagens são fornecidas do centro das vias. Desta forma, elementos específicos da paisagem podem ser obstruídos, principalmente por veículos; (2) as imagens nem sempre são recentes, portanto, a possibilidade de que mudanças na paisagem possam ter ocorrido não pode ser descartada. Não obstante, a facilidade, a velocidade e os baixos custos da utilização de imagens do GSV superam consideravelmente tais limitações. Aponta-se também que, apesar da seleção de bairros com diferentes características em diversos âmbitos, o foco na classificação dos bairros em um único estudo de caso pode reduzir a possibilidade de generalização dos resultados. Estudos futuros devem buscar aplicações para a identificação de características da paisagem urbana em diferentes cenários

Apesar dessas limitações, os resultados são encorajadores como prova de conceito. A implicação prática inicial de modelos, como o proposto neste estudo, é a redução de tempo necessário para a coleta de dados. Ainda, em um âmbito teórico avança-se cientificamente na utilização de técnicas computacionais para o entendimento objetivo de qualidades urbanas, que podem influenciar o comportamento humano, bem como elementos sociais e econômicos. Estudos futuros podem explorar técnicas mais avançadas de interpretação dos resultados do modelo. Ainda, a aplicação de metodologias similares para o reconhecimento de características ambientais relacionadas a meta-qualidades urbanas como a caminhabilidade e a vitalidade.

Notas

¹ <https://opencv.org/>

² <https://pytorch.org/>

Referências

Alexander, C. (1979). *The Timeless Way of Building*, 1º ed. Oxford University Press, New York.

Amorim, R. R., Oliveira, R. C. de. (2008). As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP. *Soc. Nat.* 20, 177–198.

Anderson, P., He, X., Buehler, C., Teney, D., Johnson, M., Gould, S. (2018). Bottom-Up and Top-Down Attention for Image Captioning and Visual Question Answering, in: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. pp. 6077–6086.

Badland, H. M., Opit, S., Witten, K., Kearns, R. A., Mavoa, S. (2010). Can Virtual Streetscape Audits Reliably Replace Physical Streetscape Audits? *J. Urban Heal.* 87, 1007–1016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11524-010-9505-x>

Beidack, A. R. dos S., Fresca, T. M. (2011). Urban Restructuring and new centralities: a study about the north zone of Londrina – PR. *Bol. Geográfico* 29, 147–163. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v29i2.9898>

Ben-joseph, E., Lee, J. S., Seoul, M., Cromley, E. K., Laden, F., Troped, P. J. (2015). Virtual and Actual: Relative Accuracy of On-Site and Web-based Instruments in Auditing the Environment for Physical Activity. *Heal. Place.* 19, 138–150. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2012.11.001>.

Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*, 1º ed. Springer Science + Business Media, New York, NY.

Burges, C. J. C. (2010). Geometric Methods for Feature Extraction and Dimensional Reduction - A Guided Tour, in: Maimon, Oded, Rokach, L. (Eds.), *Data mining and knowledge discovery handbook: a complete guide for practitioners and researchers*. Springer Science + Business Media, pp. 53–82. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09823-4>

Chan, D. M., Rao, R., Huang, F., Canny, J. F. (2018). t-SNE-CUDA: GPU-Accelerated t-SNE and its Applications to Modern Data. 2018 30th *Int. Symp. Comput. Archit. High Perform. Comput.* 330–338. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SBAC-PAD.2018.00060>

Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L., Li, K., Feifei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database, in: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Miami, FL, pp. 248–255. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2009.5206848>

Doersch, C., Singh, S., Gupta, A., Sivic, J., Efros, A., Doersch, C., Singh, S., Gupta, A., Sivic, J., Efros, A., Makes, W., Look, P. (2012). What Makes Paris Look like Paris? *ACM Trans. Graph. (SIGGRAPH 2012)* 31. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2185520.2185597>

Ewing, R., Handy, S. (2009). Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability. *J. Urban Des.* 14, 65–84. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13574800802451155>

Fan, H., Zheng, L., Yan, C., Yang, Y. (2018). Unsupervised Person Re-identification: Clustering and Fine-tuning. *arXiv Preprint*. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1705.10444>

Gehrke, S. R., Wang, L. (2020). Operationalizing the neighborhood effects of the built environment on travel behavior. *J. Transp. Geogr.* 82, 12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102561>

Glorot, X., Bengio, Y. (2010). Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks, in: *Proceedings of the 13th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS) 2010*, Chia Laguna Resort, Sardinia, Italy., pp.249–256.

Gowda, S. N., Yuan, C. (2019). *ColorNet: Investigating the Importance of Color Spaces for Image Classification*, in: Jawahar C., Li H., Mori G., S.K. (Ed.), *Computer Vision – ACCV 2018*. Springer International Publishing, pp.581–596. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20870-7>

He, K., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition, in: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. pp.1–9.

IBGE (2018). Panorama municipal: Londrina-Paraná [WWW Document]. URL <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama> (accessed 3.26.18).

Kamalipour, H., Faizi, M., Memarian, G. (2014). Safe place by design: Urban crime in relation to spatiality and sociality. *Curr. Urban Stud.* 2, pp.152–162. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/cus.2014.22015>

Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep Learning in Agriculture: A Survey. *Comput.*

- Electron. Agric.* 147, pp.70–90. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kent, J. L., Ma, L., Mulley, C. (2017). The objective and perceived built environment: What matters for happiness? *Cities Heal.* 8834, pp.1–13. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23748834.2017.1371456>
- Kingma, D. P., Ba, J. L. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv Preprint.* pp.1–15. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>
- Lecun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 521, pp.436–444. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, S. M., Conway, T. L., Frank, L. D., Saelens, B. E., Cain, K. L., Sallis, J. F. (2017). The Relation of Perceived and Objective Environment Attributes to Neighborhood Satisfaction. *Environ. Behav.* 49, pp.136–160. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0013916515623823>
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Arindra, A., Setio, A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., Laak, J. A. W. M., Van Der Ginneken, B. Van, Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning. *Medical image analysis* 42, pp.60–88. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Liu, L., Silva, E. A., Wu, C., Wang, H. (2017). A machine learning-based method for the large-scale evaluation of the qualities of the urban environment. *Comput. Environ. Urban Syst.* 65, pp.113–125. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.06.003>
- Maaten, L. V. D., Hinton, G. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of machine learning research*, 9, pp.2579–2605.
- Medeiros, F. F., Grigio, A. M. (2019). Identificação das Unidades Homogêneas e Padrão da Ocupação Urbana como subsídio ao ordenamento territorial em Mossoró, RN – Brasil. *EURE (Santiago)*, 45, pp.245–270.
- Middel, A., Lukasczyk, J., Zakrzewski, S., Arnold, M., Maciejewski, R. (2019). Urban form and composition of street canyons: A human-centric big data and deep learning approach. *Landsc. Urban Plan.* 183, pp.122–132. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.12.001>
- Moosavi, V. (2017). Urban morphology meets deep learning: Exploring urban forms in one million cities, town and villages across the planet. *arXiv Preprint.* arXiv:1709, 1–10. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1709.02939>
- Oura, K. (2006). Verticalização em Londrina - Paraná (1950–2005): A produção do espaço urbano e seu desenvolvimento pelos edifícios verticais. *Dissertação de Mestrado - Universidade Presbiteriana São Paulo.*
- Poggio, T., Mhaskar, H., Rosasco, L., Miranda, B., Liao, Q. (2017). Why and When Can Deep – but Not Shallow – Networks Avoid the Curse of Dimensionality: a Review. *Int. J. Autom. Comput.* 14, pp.503–519. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11633-017-1054-2>
- Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: from Precision, Recall and F-measure to ROC, Informedness, Markedness and Correlation. *J. Mach. Learn. Technol.* 2, pp.37–63.
- Prefeitura do Município de Londrina (2020). Sistema de Informação Geográfica de Londrina – SIGLON [WWW Document]. Disponível em: http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=20114&Itemid=1988 (Acessado em 15 de janeiro de 2020).
- Sallis, J. F., Cain, K. L., Conway, T. L., Gavand, K. A., Millstein, R. A., Geremia, C. M., Frank, L. D., Saelens, B. E., Glanz, K., King, A. C. (2015). Is Your Neighborhood Designed to Support Physical Activity? A Brief Streetscape Audit Tool. *Prev. Chronic Dis.* Disponível em: <https://doi.org/10.5888/pcd12.150098>
- Seresinhe, C. I., Preis, T., Mackerron, G., Moat, H. S. (2019). Happiness is Greater in More Scenic Locations. *Sci. Rep.* pp.1–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40854-6>
- Shen, Q., Member, S., Zeng, W., Ye, Y., Stefan, M., Schubiger, S., Burkhard, R., Qu, H. (2018). StreetVizor: Visual Exploration of Human-Scale Urban Forms Based on Street Views. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* 24, pp.1004–1013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2744159>
- Shorten, C., Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *J. Big Data.* Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>
- Takahashi, R., Matsubara, T., Uehara, K. (2019). Data Augmentation using Random Image Cropping and Patching for Deep CNNs. *ArXiv Preprint.* abs/1811.0, pp.1–16. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1811.09030>
- Tan, Y., Tang, P., Zhou, Y., Luo, W., Kang, Y., Li, G. (2017). Neurocomputing Photograph aesthetic evaluation and classification with deep convolutional neural networks. *Neurocomputing* 228, pp.165–175. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.08.098>

- Töws, R. L., Mendes, C. M., Vercezi, J. T. (2010). The city as a business: the case from Londrina-PR and from Maringá-PR. *Bol. Geográfico* 28, pp.91–103.
- Yamaki, H. T. (2017). *Terras do Norte: paisagem e morfologia*, 1 ed. Ed. H. Yamaki e UEL, Londrina.
- Yin, L., Cheng, Q., Wang, Z., Shao, Z. (2015). ‘Big data’ for pedestrian volume: Exploring the use of Google Street View images for pedestrian counts. *Appl. Geogr.* 63, pp.337–345. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.07.010>
- Yin, L., Wang, Z. (2016). Measuring visual enclosure for street walkability: Using machine learning algorithms and Google Street View imagery. *Appl. Geogr.* 76, pp.147–153. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.09.024>
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: Planejamento e Métodos*, 2º. ed. Bookman Companhia Editora, São Paulo.
- Zhang, F., Zhou, B., Liu, L., Liu, Y., Fung, H. H., Lin, H., Ratti, C. (2018). Landscape and Urban Planning Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning. *Landsc. Urban Plan.* 180, pp.148–160. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.020>
- Zhang, W., Li, W., Zhang, C., Hanink, D. M., Li, X., Wang, W. (2017). Parcel feature data derived from Google Street View images for urban land use classification in Brooklyn, New York City. *Data in Brief.* 12, pp.175–179. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.04.002>
- Zhou, B., Khosla, A., Lapedriza, A., Torralba, A., Oliva, A. (2016). *Places: An Image Database for Deep Scene Understanding*. *J. Vis.* 17, pp.1–12.

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Identification of Streetscape Compositions: A Deep Learning Approach

Abstract. *The environment's composition can have an impact on human behavior; however, this relationship remains uncertain until the cities' qualities and landscape can be analyzed empirically. Images obtained through Google Street View (GSV) enable a large volume of data for automated assessment of environmental characteristics. Deep learning techniques have advanced in the identification of compositional elements of the built environment. In this sense, this study seeks to investigate and test a procedure for identifying the configuration and composition of the urban landscape, classifying images obtained from GSV through a deep learning approach. From an image dataset of three different neighborhoods in Londrina-PR, a deep learning model for image classification was proposed. The model had a good performance, correctly attributing 87.6% of the samples to the corresponding neighborhoods in the case study. Compositional characteristics were empirically identified, considering the distribution of the samples in the obtained search space. The proposed model contributes to the definition of spatial units as well as in the measurement of environmental qualities, optimizing data collection, expanding sample sizes, and providing objectivity to results. This approach contributes to the expansion of city's analytical scales, identifying compositional and relational patterns in the understanding of elements influent in human behavior.*

Keywords: *urban morphology, built environment, deep learning, image classification, Google Street View.*

Editor responsável pela submissão: Julio Celso Borello Vargas.
Licenciado sob uma licença Creative Commons.



A cidade patrimonial e turística: uma análise do constructo da imagem e apropriação do centro histórico de Tiradentes—MG a partir das mídias sociais

Karine de Almeida Paula^a , Eleusy Natalia Miguel^b  e Wagner José da Silva Freitas^c 

^a Centro Universitário de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: karinealmeida.ufv@gmail.com

^b Centro Universitário de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: eleusy.arq@gmail.com

^c Pesquisador independente, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: wagnerfreitas@gmail.com

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.137>

Submetido em 28 de fevereiro de 2020. Aceito em 23 de junho de 2020.

Resumo. O turismo se coloca como uma atividade capaz de refuncionalizar os espaços geográficos, e dotá-los de novas paisagens e simbologias. Tal temática pode ser considerada muito pertinente nos estudos envolvendo o espaço urbano e que dialogam diretamente com a ciência geográfica e o urbanismo. Dessa maneira, destaca-se a relevância de estudos que visem abordar a relação do turista com o espaço e/ou a paisagem, tendo destaque, neste trabalho, os estudos envolvendo cidades turísticas patrimoniais. Nesse sentido, o trabalho em questão tem como principal objetivo analisar a percepção dos turistas acerca do espaço urbano da cidade de Tiradentes, identificando a imagem urbana formada pelos mesmos, a partir dos dados contidos nas mídias sociais. Em se tratando dos procedimentos metodológicos, recorreu-se a fases distintas, sendo elas: pesquisa documental e bibliográfica, estudo de caso, registros fotográficos, observações in loco e análise de dados obtidos junto ao TripAdvisor. Para obtenção e análise dos dados, recorreu-se à técnica conhecida como Web Scraping (WS), utilizada em tarefas que envolvam mineração na web. A partir das análises foi possível identificar qual seria a imagem urbana formada a partir da percepção dos turistas acerca da cidade de Tiradentes, notando, de forma mais centrada, uma forte associação com o Centro Histórico, e, em muitas vezes, enxergando a totalidade da cidade restrita apenas a este espaço central.

Palavras-chave. turismo, imagem urbana, mídias sociais, Tiradentes-MG.

Introdução

O turismo se mostra como uma das atividades responsáveis por modificações nas cidades, seja no âmbito político, seja no social, no econômico ou no morfológico. Neste contexto, os estudos geográficos a respeito do turismo dialogam diretamente com o urbanismo a partir das suas dinâmicas de conformação do espaço urbano, bem

como de planejamento e da própria gestão espacial.

De acordo com Galí e Donaire (2013), a forma como as instalações turísticas, assim como o uso dos espaços efetivados pelos turistas tendem a transformar a lógica de um destino e a sua paisagem urbana, têm se mostrado como uma importante linha de pesquisa na contemporaneidade. No tocante à paisagem urbana¹, a mesma é colocada como

um resultado proveniente do acúmulo de tempos. Logo, as paisagens encontradas em cidades históricas turísticas, por exemplo, carregam consigo elementos e signos resultantes de diferentes tempos e modos de viver, e alcançam, na atividade turística, uma forma de serem consumidas, a um só tempo e ritmo.

Nesse sentido, o trabalho em questão tem como principal objetivo analisar a percepção dos turistas acerca do espaço urbano da cidade de Tiradentes, identificando a imagem urbana formada pelos mesmos, a partir dos dados contidos nas mídias sociais², mais especificadamente, na plataforma TripAdvisor.

Em se tratando dos estudos envolvendo as cidades turísticas, muitas discussões têm despontando acerca da importância de ferramentas que auxiliem no alcance de leituras espaciais mais próximas destas cidades. Dessa maneira, tendo em vista a potencialidade na geração de dados por parte das tecnologias informacionais atualmente, destaca-se o uso das mídias sociais como ferramenta interessante na obtenção de dados, e, por conseguinte, de informação.

Nesta perspectiva, um dos pontos que este trabalho deseja explorar e discutir, diz respeito às possibilidades colocadas ao planejamento e à gestão urbana a partir de ferramentas ligadas ao estudo estatístico da cidade e conexões com a Data Science³, assim como as novas técnicas de obtenção de dados e análises mediante a mineração de dados. Para suscitar esta discussão, elegeu-se a cidade de Tiradentes como um estudo de caso, a partir de uma problemática inerente à cidade no tocante ao turismo urbano. Os dados digitais, produzidos em massa mediante dispositivos e tecnologias presentes nas cidades e nos *smartphones* que acompanham os indivíduos corriqueiramente, podem se mostrar como um potencial banco de dados a ser desvendado, possibilitando novas formas de compreensão de dinâmicas urbanas em tempo real, assim como o conhecimento, mais minucioso, de comportamentos individuais e coletivos.

Entretanto, para tal, surge a dúvida: a quais dados é possível referir-se ao se propor estudos que apresentem como banco de dados as mídias sociais? De acordo com

Davidowitz (2018, p. 97), os dados coletados via *web* se caracterizariam pelo formato de textos, com o uso de palavras; e imagéticos, com a presença de fotos. As fotografias, imagens e textos em si são representações que se reportam a um olhar sobre o objeto.

Diante desta conjuntura, alguns estudiosos têm se debruçado em pesquisas urbanas que envolvem o uso de dados de mídias sociais, tais como, os trabalhos de Galí e Donaire (2015), Galí e Aulet (2019), e Donaire e Galí (2011) que têm como foco o estudo da percepção da cidade turística por meio de fotografias digitais. De modo semelhante, os trabalhos de Puebla (2018); e Puebla, Palomares e Olmedo (2016) buscam analisar questões envolvendo o turismo e padrões de uso da cidade pelos turistas. Somado a isso, há os trabalhos de Severo (2019) com pesquisas a partir de dados abertos (*web*) em ciências sociais, tendo como escopo a construção e memória do patrimônio cultural na web e representações digitais de lugar e espaço a partir dos dados do Twitter.

Já Encalada, Ferreira e Rocha (2017) têm utilizado dados de redes sociais para o estudo do turismo urbano, particularmente, para a análise do comportamento espacial dos turistas. Em escala espacial, há o trabalho de Chua et al. (2016) que procura correlacionar os dados das mídias sociais, como o Twitter, a questões espaciais, temporais e demográficas, e o trabalho de Kadar (2014), que busca analisar padrões de uso de espaços turísticos a partir de dados abertos, verificando a existência de diferenças comportamentais entre turistas e moradores locais.

Neste contexto, para subsidiar as discussões, elegeu-se a cidade de Tiradentes-MG como um estudo de caso, com o intuito de aplicar às análises os conceitos abordados por Lynch (1997), principalmente no tocante à imaginabilidade⁴ do ambiente, a partir de seus marcos e, de forma complementar, às questões tecnológicas ligadas à temática de banco de dados digitais.

A cidade de Tiradentes possui cerca de 7981 habitantes (IBGE, 2019), e faz parte da Estrada Real⁵, mais precisamente no Circuito Caminho dos Inconfidentes. É considerada uma cidade com potencial turístico, e abriga um rico acervo arquitetônico colonial muito

bem preservado. Atualmente, a cidade vem registrando, em média, a proporção de um morador para 29 turistas, representando em torno de 232.000 mil turistas anualmente. Esse fluxo anual de turistas decorre por motivos diversos, dentre eles, a alta gastronomia, eventos culturais numa média de um evento por mês e a arquitetura local.

À vista disso, o trabalho se justifica dada a importância de se estudar as problemáticas inerentes ao espaço urbano de pequenas cidades, sobretudo, cidades turísticas e patrimoniais. É sabido que o turismo se coloca como uma atividade capaz de (re)configurar toda uma dinâmica espacial e urbana. Logo, estudá-lo e entendê-lo possibilita pensar alternativas direcionadas ao planejamento urbano desses espaços. Da mesma maneira, justifica-se uma discussão e contextualização das possibilidades colocadas a pesquisas envolvendo cidades de pequeno porte no tocante à inserção da tecnologia de dados como ferramenta para análises sob o ponto de vista acadêmico e também da gestão urbana, além do diálogo com outros trabalhos contemporâneos que se debruçam sobre o tema.

De forma metodológica, o trabalho foi dividido em fases, recorrendo-se, de uma forma geral, à pesquisa documental e bibliográfica, ao estudo de caso, assim como aos registros fotográficos, às observações *in loco* e à análise de dados obtidos junto ao TripAdvisor⁶. Tal plataforma possui dados imagéticos e textuais em grande quantidade e com amplo acesso aos comentários. Dessa maneira, foram analisados os dados textuais contidos na plataforma e, de forma complementar, uma amostragem de fotografias publicadas pelos turistas. Referente à página do TripAdvisor, foi selecionada a aba “o que fazer na cidade”, sendo esta escolha justificada por conter várias subseções referentes aos atrativos, qualidades e impressões sobre a cidade. Destas, foram eleitas as seções Centro Histórico (1285 comentários) e Serra de São José (684 comentários), formando assim dois grupos de análise: paisagem construída e paisagem natural, respectivamente.

Os dados textuais foram coletados através da técnica conhecida como Web Scraping⁷ (WS), utilizada em tarefas que envolvem

mineração na *web*. Para a extração dos dados brutos, foi utilizado um programa desenvolvido na linguagem de programação Python⁸, usando uma biblioteca específica denominada BeautifulSoup. Desta forma, foi possível a leitura de todos os comentários diretamente do *site* TripAdvisor, viabilizando o salvamento dos arquivos formatados em texto e a construção das nuvens⁹ de palavras a partir da seleção das 200 palavras mais representativas de cada categoria analisada.

As nuvens de palavras, conforme destaca Amaral (2016, p. 70), “[...] podem ser amplamente utilizadas em mineração de textos, exibindo termos mais frequentes em uma rede social ou utilizadas em análise de sentidos”. Nas nuvens de palavras estão contidas as mais representativas, que apresentam maior frequência e, segundo Davidowitz (2018), estas palavras se reafirmam e se apresentam como dados.

Em se tratando das fotografias, foram selecionadas 200 imagens aleatórias, presentes na plataforma, com o intuito de complementar as análises textuais e realizar um mapeamento da percepção dos turistas de forma imagética. Para as análises das fotografias, recorreu-se à análise de conteúdo.

Revisão bibliográfica

É razoável que a cidade patrimonial acolha o turismo como fonte de renda e especialmente como elemento replicador da relevância do patrimônio na vida de toda sociedade. Nesse sentido, esta seção pretende abarcar as interfaces do espaço urbano patrimonial com o viés turístico e suas repercussões.

A apropriação do espaço urbano turístico e a imagem produzida

Os espaços turísticos podem ser caracterizados como espaços produzidos pela presença de atividades turísticas e, de forma simultânea, condicionantes destas atividades (Castro e Tavares, 2016). Eles se caracterizam por espaços plurais, produzidos com um objetivo final, o de consumo, e englobam a atuação e o papel de diversos agentes nesta produção, que por sua vez, se apropriam de novas porções do espaço para sua (re)produção. Dentre os espaços apropriados para destinos turísticos, é

possível mencionar os centros históricos das cidades, onde o turismo, em alguns casos, tem se colocado como uma atividade capaz de criar novos objetos nos lugares, assim como capaz de apropriar-se de objetos preexistentes, conferindo aos espaços novos significados e novas funções.

Ao analisar esse contexto sob uma perspectiva mais ampla, o patrimônio histórico cultural e o espaço turístico não possuem uma relação dada, já pronta para ser apropriada. Trata-se de um jogo de decisões, interesses, ações políticas e simbolismos em que os espaços urbanos, ou uma parte deles, se tornam revalorizados, construídos e ressignificados, mediante estratégias que objetivam a preservação e o uso de aspectos materiais e imateriais do espaço (Castro e Tavares, 2016).

Os lugares explorados pelo turismo colocam-se, em sua maioria, em espaços vendidos como cenários, produzidos a partir de uma base paisagística já existente, e que se associa a aspectos culturais, históricos e geográficos, firmando-se como uma matéria prima para a produção e consumo do espaço, de forma contínua (Silva, 2004).

Dessa maneira, advoga-se que espaços turísticos são potencialmente produzidos e que esta produção não é apenas do local construído em si, mas também das simbologias, das identidades, do imaginário, enfim, dos elementos que dão sentido e caracterizam o local.

No tocante aos estudos referentes às cidades turísticas, é importante destacar também o papel e a atuação do turista frente à lógica de organização dos espaços. O turista, além de se colocar como o sujeito que usufrui dos espaços a ele criados, pode se colocar também como um grande propagador de imagens, textos e ícones paisagísticos, principalmente mediante a popularização das mídias sociais, sendo capaz de influenciar os rumos do mercado de viagens e turismo (Machado, 2016).

Em se tratando da relação entre as mídias sociais e o turista, estes mantêm um papel proeminente na consolidação e divulgação de destinos turísticos, pois, como bem afirma Donaire e Gali (2011), os turistas, em tempos atuais, atuam como efetivos e legítimos

construtores de imagens turísticas. A partir desse princípio, é possível preconizar que os turistas se enquadrariam em duas categorias: as de consumidores e de produtores de imagens (Gândara, 2008).

Estas imagens podem ser criadas a partir das fotografias postadas nas redes e/ou comentários sob a forma de textos. E no âmbito da fotografia, a mesma tende a influenciar na construção social da imagem de uma dada localidade, afetando não somente a escolha por determinados destinos, mas o comportamento dos visitantes nos espaços. Ao fotografar a cidade e compartilhar uma imagem, o sujeito acaba por criar novas impressões visuais da cidade, que passam a ser integradas e adicionadas à imagem turística convencional, mudando, expandindo e renovando-a. A fotografia reflete a maneira como o turista vê a cidade – imagem percebida, e atua também como uma representação do espaço – imagem emitida (Galí e Donaire, 2015).

Dessa maneira, os visitantes passam a contribuir para o constructo da imagem da cidade mediante as fotografias/imagens e classificações em redes sociais (Facebook, Instagram) ao avaliarem os serviços ou destinos em portais turísticos (TripAdvisor, Booking), e ao compartilharem imagens em portais fotográficos (Flickr).

Lynch (1997) considera que uma imagem seria formada pelo conjunto de sensações experimentadas ao observar e viver em um dado local. Dessa maneira, as imagens derivam de uma relação entre o observador e o seu habitat, seu meio. No entanto, o sentido que é dado para uma imagem pode variar entre diversos observadores, e estas diferenças decorrem de características individuais, assim como de questões sociais e culturais.

De acordo com Santos et al. (2017), o advento da fotografia digital proporcionou a construção da imagem de um destino turístico não somente por intermédio de empresas ou órgão de promoção, mas também por turistas, transformando-os em construtores de imagens turísticas. E, ainda, é possível complementar que, “com o advento dos smartphones e das facilidades da internet, em especial das redes sociais, os turistas também assumem a função de promotores

dos destinos, pois disponibilizam em seus perfis suas fotografias e seus comentários sobre os destinos turísticos” (Santos et al., 2017, p. 67).

Donaire, Gali e Royo-Vela (2015) argumentam que as fotos tiradas por turistas e compartilhadas na internet estão desempenhando um papel cada vez maior na criação da imagem dos lugares. Esta hipótese pode ser estendida também às informações textuais – e descritivas – que encontramos na web, e que juntas passam a colaborar para o constructo de uma forma e percepção de um lugar.

Neste contexto, as fotografias, assim como as informações textuais publicadas pelos sujeitos – turistas ou não – passam a compor um expressivo banco de dados na web, se revelando com um potencial interessante para as mais diversas ciências, dentre elas as ciências geográfica e arquitetônica.

O uso de dados virtuais em pesquisas de ciências sociais, sejam elas aplicadas ou não, se mostra como algo inicial, mas que já demonstra novas e promissoras possibilidades. Estes novos caminhos procuram responder a determinadas questões tradicionais sob um novo ponto de vista, devido à maior resolução espacial e temporal dos dados, mas também, pelas possibilidades de reformulação de perguntas que até então eram respondidas apenas por meio de fontes tradicionais (Puebla, Palomares e Olmedo, 2016).

Contextualização histórica e espacial de Tiradentes: a apropriação pelo turismo

Tiradentes apresenta-se como uma cidade histórica¹⁰, datada do século XVIII, tendo sua formação urbano-espacial atrelada ao processo de mineração de ouro na região de Minas Gerais. A maior parte de seu casario e edificações religiosas foi construída ainda no início do século XVIII.

Em se tratando do turismo no Estado de Minas Gerais, o mesmo conta com 555 cidades presentes no Mapa do Turismo Brasileiro, e as mesmas estão classificadas em A (03), B (18), C (80), D (348) e E (106), e, de acordo com o último levantamento, datado de 2018, a cidade de Tiradentes chegou ao topo, alcançando a categoria A¹¹ (Ministério do Turismo, 2019)¹². Atualmente,

a cidade de Tiradentes vem registrando, em média, a proporção de um morador para 29 turistas anualmente, representando em torno de 230.000 mil turistas anualmente.

Muitos turistas vão à cidade atraídos pela alta gastronomia – dada a presença de diversos restaurantes estrelados na cidade –, assim como eventos culturais e a arquitetura colonial - representada por um rico conjunto arquitetônico tombado¹³.

No entanto, as atividades turísticas em Tiradentes não coincidiram com o período de tombamento do seu conjunto arquitetônico pelo IPHAN, que ocorreu em 1938, haja vista que a cidade ainda não apresentava um plano turístico particular. Era comum nesta época essa forma de tombamento sem um tipo específico de estratégia. Nos anos vindouros de 1940, 1950 e 1960, a cidade ainda se manteve praticamente estagnada, e sua população, de 3700 habitantes à época, vivia, em sua maioria, no campo, tendo como meio de sobrevivência as atividades agropecuárias.

Somente a partir das décadas de 1970 e 1980 que Tiradentes foi novamente “redescoberta”, mas, desta vez, por um grupo de empresários. A partir desse momento, o casario mal cuidado, mas íntegro, acaba por despertar o interesse de forasteiros que vislumbram nessa localidade novas formas de angariar capitais. Assim, esses passaram a participar como coatores responsáveis pela transformação da cidade, uma vez que muitos empresários se mudaram para a cidade e investiram de modo intensivo (Sousa e Schicchi, 2017).

As transformações foram notórias, principalmente a partir da saída dos moradores nativos do centro histórico em direção a áreas mais periféricas, que, por sua vez, passaram a crescer de forma acelerada e sem infraestrutura satisfatória. Com a saída da população local do centro, os novos moradores passaram a ocupar os espaços mais centrais, dando início a um processo de enobrecimento da área, com edifícios voltados a novas funções mais rentáveis, principalmente aquelas direcionadas ao turismo. O enobrecimento do centro, nos dizeres de Souza e Schicchi, materializa o que seria denominada de “cidade cenário, cujo intuito era dar a aparência de que os problemas estavam controlados e de tornar a

cidade aprazível aos turistas, com a conservação do conjunto arquitetônico, uma bela iluminação cênica e ajardinamentos. Uma cidade histórica em sua melhor forma, em plena vitalidade” (Sousa e Schicchi, 2017, p. 4).

Os novos moradores que se tornaram proprietários do casario na área central acabaram por ditar novas regras na paisagem, transformando-a substancialmente ao denotarem aos edifícios novos usos, que, na maioria das vezes, estão relacionados à exploração do turismo cultural. Estes novos usos podem ser ilustrados por meio de atividades relacionadas a hospedagens, restaurantes, museus, lojas de artesanato e outros.

A emissora do setor televisivo, Rede Globo, teve participação proeminente na divulgação de Tiradentes em nível nacional, mediante a figura de Yves Alves, cujo nome foi usado para batizar o principal Centro Cultural da Cidade. Tal figura foi o executivo da mencionada empresa que realizou importantes projetos na cidade, por meio da Fundação Roberto Marinho (Guimarães, 2010). Várias novelas foram gravadas em Tiradentes, fazendo com que a cidade ficasse conhecida nacionalmente, sobretudo, a partir da década de 1990¹⁴. A promoção de Tiradentes ocorreu tanto por meio das mídias globais como também no investimento na recuperação do casario na cidade, mediante a Fundação Roberto Marinho (Campos, 2012).

Dessa forma, as atividades turísticas potencializaram diversas transformações socioespaciais na cidade, principalmente no centro histórico. Antigos moradores do centro de Tiradentes venderam suas casas, pois não tinham condições financeiras para reformá-las e mantê-las, conforme padrões colocados pelo IPHAN. E, além disso, os moradores eram atraídos pelos altos valores oferecidos pelos empresários e empreendedores, haja vista a valorização consubstancial que o espaço passou a adquirir ao ganhar visibilidade turística.

Em se tratando dos festivais que movimentam a atividade turística local, é possível observar vários eventos ao longo do ano. No entanto, alguns poucos eventos, conforme constatado pelo trabalho de Guimarães (2010), possuem a participação da

população originária, sendo prevaletentes os turistas. Apenas um evento é marcado pela presença, em quase sua totalidade, de nativos, que é o Jubileu da Santíssima Trindade, sendo considerado o evento mais popular da cidade e o único que não é realizado no centro histórico. Ao analisar a inserção espacial do evento, tem-se a impressão de que há o intuito de isolar o acontecimento, na tentativa de se manter distante dos turistas, pois a realidade do evento – dito muito popular na cidade – destoa da imagem que algumas parcelas querem passar de Tiradentes.

Os outros dois grandes festivais realizados na cidade, e que atraem um número massivo de turistas, seriam o Festival de Cinema e o Festival de Gastronomia. São eventos que foram concebidos para atrair o turista e são organizados por empresas de fora da cidade. No primeiro há uma participação, mesmo que pequena, dos nativos, pois o evento conta com algumas mostras de filmes e curtas gratuitas no espaço público da cidade. Já o segundo evento se mostra mais elitizado, e por contar com a compra de ingressos e o alto custo na aquisição dos cursos e pratos elaborados, a população local acaba não participando, mesmo quando há mostras gratuitas no espaço público. É como se o espaço público, naquele momento, se mostrasse privado, onde a barreira imposta seria a própria seletividade econômica. Ambos os festivais acabaram por “criar” uma marca na cidade de Tiradentes, e recebem em média 30.000 turistas cada um.

Esses grandes eventos da cidade, muitas das vezes, concentram-se no centro histórico e adjacências. Nos dizeres de Sousa e Schicchi (2017), a cidade de Tiradentes vive do turismo, e um elevado número de pessoas que participam desses eventos comprova a lucratividade das atividades em todos os setores, dos pequenos artesãos de feira aos proprietários das grandes pousadas.

À vista disso, no contexto de eventos e, principalmente, de refuncionalização e enobrecimento do centro histórico a partir do advento das atividades turísticas, elenca-se a questão da cidade cenário que, por vezes, estaria associada à cidade de Tiradentes, sobretudo, ao centro histórico (Sousa e Schicchi, 2017). A *cidade cenário* poderia

ser classificada por porções do espaço urbano que são produzidos para satisfação de demandas específicas, a citar, por exemplo, demandas turísticas apenas, e, em casos de cidades históricas, uma mercantilização do patrimônio em prol de uma cenarização. Esse processo tem como intuito transmitir que os problemas estariam “controlados”, tornando-se uma cidade aprazível aos turistas. A própria arquitetura e urbanismo em cidades turísticas, nos dizeres de Silva (2004), adquirem um papel relevante na cenarização do espaço.

Esta cidade cenário, muitas vezes, não é pensada para os moradores locais, suas demandas não são atendidas ali, e, muitas vezes, nem sequer conseguem desfrutar do espaço, sob o ponto de vista da contemplação, pois ali são materializadas barreiras invisíveis, veladas, que comunicam ao morador o seu lugar na cidade, principalmente àquele que não tem condições de consumir os elementos e símbolos que são oferecidos neste lugar cenário.

Em contraponto à *cidade cenário*, elege-se um outro conceito, o de *cidade real*. Este conceito muito se assemelha ao conceito de *cidade oficial* de Maricato (2000), e tende a representar a outra porção da cidade que, muitas vezes, não é vivenciada pelo turista, afinal não foi criada para ele. Contudo, é intensamente vivenciada pelo morador local. Ali estão engessados problemas históricos, espaços segregados, e ali se reproduz o cotidiano real da cidade.

Tal dicotomia, ao que tudo indica, parece ser vivenciada na cidade de Tiradentes. Resta questionar, pois, a qual porção do espaço, cenário ou real, o turista se identifica e se relaciona ao visitar a cidade, e até que ponto a *cidade cenário* é reforçada pelo turismo e/ou pelo turista.

A imagem percebida e projetada da paisagem construída e natural de Tiradentes

De acordo com Campos (2012), o turismo é o principal organizador do espaço de Tiradentes, e o patrimônio acaba por ser apropriado como um recurso de atratividade, mas sobretudo, como recurso mercadológico de valorização e reafirmação do espaço. Nesta lógica espacial destaca-se a figura dos

turistas e empreendedores e a importância dos mesmos na produção desse espaço, permeado por interesses difusos e, por vezes, conflitantes.

Em se tratando dos comentários analisados, foi possível observar e analisar, a partir de um universo amostral, a forma como a cidade é vivida pelo turista, assim como a imagem é percebida e construída por ele. O turista, como bem destaca Machado (2016) e Galí e Donaire (2015), além de se colocar como o sujeito que usufrui dos espaços a ele criados, se coloca também como um grande propagador de imagens, textos e ícones paisagísticos. Principalmente mediante a popularização das mídias sociais, sendo, portanto, capaz de influenciar hoje os rumos do mercado de viagens e turismo e a lógica de produção e apropriação do espaço urbano.

Neste contexto, no tópico de análises será empregada uma avaliação acerca da imaginabilidade dos elementos (Lynch, 1997), em se tratando do Centro Histórico e da Serra de São José. As análises se pautaram nos dados contidos no TripAdvisor (textuais, e de forma complementar, fotografias), optando-se, num primeiro momento, por dividir a investigação em dois momentos: análise da paisagem construída, seguida pela paisagem natural.

A escolha por estes dois recortes vai de encontro às discussões colocadas por Silva (2004), que destaca que as imagens, construídas para um lugar turístico normalmente estão associadas a elementos naturais (clima, vegetação, relevo) e elementos culturais (festas populares, museus, arquitetura, monumentos públicos). E, muitas vezes, estes dois elementos integram-se com o intuito de conformarem um cenário específico.

No tocante à paisagem construída, a mesma foi analisada a partir do Centro Histórico (ver Figuras 1e 2). A divisão permite uma análise mais descritiva de cada ponto, possibilitando identificar percepções mais abrangentes e que configuram aquilo que denominamos, e defendemos no trabalho, como imagem da cidade.

Nesta primeira análise, que se circunscreve ao Centro Histórico de Tiradentes, é importante ressaltar que, ao ler os

vivenciado pelos turistas, se colocando como um dos principais atrativos da cidade.

Outra categoria muito evidenciada seria história e passeio. Ao que parece, os turistas associam o centro histórico a um local carregado de história, e pela frequência com que aparecem esses termos, acredita-se que essa seja um dos principais pontos na construção da imagem local. A categoria passeio demonstra um local onde o flunar é ressaltado, principalmente ao ser associado às palavras “a pé”, “ruas de pedra”, “andar”. Acredita-se que as expressões “andar” e “passeio” estão fortemente associadas apenas ao centro histórico, e não a toda a cidade. Por ser um lugar pequeno, com muitas ruas de pedra e muitos desníveis, as caminhadas acabam sendo mais convidativas do que passeios com veículos automotores.

A questão das ruas de pedra também é muito ressaltada nas fotografias analisadas. Cerca de 30% delas ilustram o calçamento (ruas de pedra) em suas imagens, estando muito relacionadas ao casario. São fotografias que retratam as ruas de pedras e o casario, mas em algumas é possível notar também uma associação destes elementos com a Serra de São José (Figura 4).



Figura 4. Representação do casario colonial, ruas de pedra na rua Direita e a Serra de São José ao fundo (fonte: TripAdvisor, 2019).

O caminhar também parece ser muito evidenciado nas fotos, ao apresentarem as principais ruas do centro histórico e pessoas andando nas ruas coloniais. A impressão que fica é a imagem de uma cidade convidativa à caminhada e aos passeios por cenários distintos do cotidiano dos turistas, expressando um “tempo” que, ao que parece, tende a passar mais lentamente.

Ao ser mencionada a questão da rua e do seu calçamento, é possível perceber esses elementos como conectados e formadores da imagem de uma cidade, tal como proposto por Lynch (1997), assim como os caminhos. Estes poderiam ser representados pelas ruas, no entanto, não é possível identificar alguma outra característica peculiar ao elemento que não seja a característica “de pedras”. Os caminhos são considerados por Lynch (1997) como os principais elementos estruturadores da percepção ambiental na medida em que, ao se deslocarem, as pessoas não apenas estruturam a sua experiência, mas também outros elementos da imagem da cidade. Assim, elas percebem melhor os espaços da cidade enquanto se deslocam por ele. No entanto, vale reforçar que uma parcela dos turistas acaba por caminhar na cidade poucas vezes durante a sua estadia, dificultando a criação de uma memória cognitiva e afetiva com o lugar, diferente das pessoas que diariamente fazem o mesmo percurso, a citar, moradores locais.

Dessa maneira, as categorias e denominações apresentadas a partir da nuvem de palavras poderiam ser enquadradas no elemento bairro, proposto por Lynch (1997). Juntas, elas acabam por diferenciar o centro histórico do restante da cidade, não por um critério meramente administrativo, mas visual, perceptivo.

Os locais mais registrados pelos turistas durante as visitas e caminhadas tendem a se “repetir” nas fotografias, ou seja, diferentes pessoas postam fotografias se referindo, na maioria das vezes, aos mesmos locais, pontos turísticos clássicos da cidade, sendo eles: a rua Direita, a ladeira próxima à igreja de Santo Antônio e a vista da Serra de São José (tirada em um ponto de frente a igreja de Santo Antônio) (Figuras 5, 6 e 7).

No tocante aos elementos marcos, estes se colocam como referenciais externos

“geralmente utilizados como indicadores de identidade, ou até de estrutura” (Lynch, 1997, p. 53). Ao analisar as categorias apresentadas, nota-se que “igrejas” e “restaurantes” aparecem com frequência também. As mesmas poderiam se enquadrar na classificação de marcos, aquilo que traz certa identidade àquele espaço, sob o ponto de vista religioso e gastronômico. E isso vem sendo reforçado na cidade, principalmente o turismo gastronômico, com investimentos maciços, por meio da abertura e permanência de grandes restaurantes – muitos estrelados – e o grande Festival de Gastronomia. Tal festival tem se colocado como uma marca na cidade.



Figura 5. Ladeira de acesso à igreja Santo Antônio (fonte: TripAdvisor, 2019).



Figura 6. Rua Direita (fonte: TripAdvisor, 2019).

As igrejas aparecem com frequência nos comentários textuais, mas apenas de modo pontual, não descrevendo a riqueza arquitetônica que as mesmas abarcam, principalmente no seu interior e nem diferenciando-as. Acredita-se que a figura externa da igreja já seja um elemento marco na paisagem urbana na medida em que há uma história, um acontecimento ligado àquele objeto, aumentando seu valor como marco, conforme pondera Lynch (1997).

No entanto, ao observar as fotografias, percebe-se que apenas uma parte delas (18,5%) faz referência aos marcos religiosos da cidade. Os oratórios, ícones históricos da

cidade, também não aparecem com frequência, tanto nas fotografias quanto nas informações textuais.

Entretanto, uma outra questão surge ao analisar a nuvem de palavras, ainda no quesito marcos: é a pequena expressividade do elemento “praça”. Há no centro histórico uma praça central, conhecida como o Largo das Forras. Ali estão presentes os “charreteiros” – charretes guiadas, muitas vezes, por guias locais, e que fazem um passeio na cidade, com paradas nos principais pontos turísticos – atividades culturais aos finais de semana e estabelecimentos comerciais. É nesta praça também que são realizadas partes das atividades dos Festivais de Gastronomia e Cinema e mais outros eventos e festivais culturais. No entanto, a mesma não é mencionada pelos turistas; apenas os passeios de charretes que partem de lá. De acordo com Lynch (1997, p.10), “para ter valor, em termos de orientação no espaço ocupado pelas pessoas, uma imagem precisa ter várias qualidades”. Dessa maneira, supõe-se que, para os turistas, a praça, como um elemento morfológico por si só, não tenha valor e por isso não suscita a expressão de suas qualidades.



Figura 7. Vista da serra de São José a partir da fachada da igreja de Santo Antônio (fonte: TripAdvisor, 2019).

Com relação às fotografias, há também uma baixa representação das praças no universo amostral analisado (aparecendo apenas uma vez). Em algumas fotografias, há o aparecimento da praça, mas apenas como pano de fundo para charreteiros presentes nela, reafirmando o que foi observado na nuvem de palavras, com relação à baixa expressividade da praça, na percepção dos turistas.

Em seu contexto histórico, a praça se apresentou com diferentes funções ao longo dos anos, desde espaços políticos e de debates religiosos e comerciais, até espaços de encontro. Dessa maneira, dada as características da praça, a mesma poderia ser considerada até mesmo um ponto nodal, traduzido em [...] lugares estratégicos de uma cidade através dos quais o observador pode entrar, são os focos intensivos para os quais ou a partir dos quais ele se locomove” (Lynch, 1997, p. 52). Acredita-se que a praça não se apresente como um elemento de destaque ao turista quando o mesmo observa a totalidade do centro histórico, não estabelecendo uma identidade visual mais direta. De acordo com Lynch (1997), o número de elementos locais que se configuram como marcos possui uma dependência e uma referência direta com a familiaridade do observador em relação a seu ambiente e também dos elementos em si.

O elemento artesanato também tem uma expressividade aparente. A cidade possui muitos artesãos locais e da região, e no centro histórico e adjacências o artesanato e trabalhos artísticos são muito comercializados. Talvez por isso tenha aparecido com frequência a palavra “lojas”. É interessante notar como o turista se identifica com este elemento e o elege em sua caracterização da cidade. Tal apontamento pode se mostrar muito interessante em projetos que visem à valorização do artesanato e artesão regional.

Ao associar o centro histórico ao artesanato, o turista acaba por eleger um atributo específico a este espaço, pois como bem alega Lynch, “a concentração de um hábito ou atividade especial numa rua pode torná-la importante aos olhos do observador” (Lynch, 1997, p. 55).

A arquitetura também é destacada, e no caso, acredita-se ser a arquitetura colonial presente, mas pouco se fala a respeito do casario colonial, suas características, assim como dos museus ali presentes. A cidade possui os Museus Padre Toledo, Museu de Sant’Ana, Museu da Liturgia e o Museu do Automóvel.

Vários adjetivos aparecem para descrever o centro histórico, dentre eles “charmosa”, “linda”, “agradável” e “conservada”. São nomeações frequentes na análise, mas acredita-se que tais terminologias usadas pelos turistas acabam por qualificar toda a cidade, como bem explicitado anteriormente. Dessa maneira, tem-se como hipótese que os turistas enxergam a totalidade da cidade restrita ao centro histórico.

Uma outra questão a ser analisada é que elementos naturais, tais como a Serra de São José, não aparecem na frequência analisada. Mesmo havendo uma separação de categorias nos comentários, e uma categoria destinada apenas à Serra de São José – analisada neste trabalho no recorte paisagem natural – é curioso não haver menção à mesma, que é considerada moldura e cartão postal da cidade, nos comentários destinados à qualificação do centro histórico. Pressupõe-se que a serra seja observada como um elemento externo ao construído, não estabelecendo uma relação clara na imagem percebida pelo turista.

Ao que tudo indica, o turista acaba por restringir a sua relação com a cidade apenas ao centro histórico, mas estende a imagem que constrói acerca do espaço urbano a todo o restante da cidade. A imagem formada acerca da paisagem construída possui adjetivos positivos, constituindo-se belas atrações que formam, na mente do turista, a imagem de uma cidade cenário – vários comentários analisados fazem menção direta a este conceito. É como se o olhar do turista estivesse sendo direcionado para paisagens urbanas destituídas da vida cotidiana, percebendo e notando apenas o extraordinário. Galí e Donaire (2015), ao estudarem acerca das imagens percebidas da cidade de Barcelona por parte dos turistas, constataram que, em determinados momentos, os turistas enxergavam certos pontos da cidade como representações de verdadeiros espaços cênicos.

A própria produção da paisagem turística configura-se, de um lado, pelos meios de comunicação que acabam por divulgar as imagens e descrições dos lugares, e de outro, pela construção de cenários de lazer, mediante as obras de intervenções urbanísticas e arquitetônicas. Dessa maneira, é possível inferir que “as paisagens turísticas são cenários intencionalmente construídos no território” (Silva, 2004, p. 27).

A morfologia do centro histórico e as adequações realizadas nos casarios e na infraestrutura do lugar nos remetem realmente a um cenário construído, onde o tempo passaria de modo diferente. Mas cabe indagar se este “cenário” vem sendo usufruído por todos aqueles que vivem a cidade e constroem ali o seu cotidiano.

O turista se coloca como um sujeito muito sensível aos cenários, haja vista que o seu principal interesse se volta para o aspecto visual dos lugares, estendendo-se para os elementos pitorescos, diferentes e atrativos aos sentidos. A sua atenção “[...] está voltada para a contemplação do que lhe agrada aos olhos, e para a beleza. A composição e a harmonia das formas e cores não passam despercebidas” (Silva, 2004, p. 32).

Já no tocante à paisagem natural, analisou-se os comentários dos turistas acerca da Serra de São José, um importante elemento geográfico, visual e orgânico da cidade. O relevo da região serrana constitui um dos fatores determinantes para o crescimento da cidade, e caracteriza, juntamente com o casario setecentista, um cenário ímpar na paisagem urbana (Figuras 8 e 9).



Figuras 8 e 9. Vista parcial do centro histórico de Tiradentes e a Serra de São José ao fundo (fonte: arquivo pessoal, 2019).

A Serra de São José é muito utilizada na divulgação da cidade, principalmente por parte das pousadas locais, que destacam a possibilidade de avistar belas vistas da serra a partir das janelas de seus quartos. Dessa maneira, é possível observar o uso do relevo local como verdadeiros mirantes “vendidos” pelo turismo.

Ao analisar os comentários obtidos na plataforma do TripAdvisor, muitos elementos foram ressaltados para a caracterização da Serra de São José, e juntos conformam o que este trabalho tem denominado de percepção da paisagem natural por parte do turista. Os atributos que apresentaram maior frequência podem ser visualizados na Figura 10.

As palavras com maior frequência são nítidas ao observar a imagem: “trilha” e “vista”. A

serra parece ser muito utilizada pelos turistas por meio das trilhas que dão acesso a fontes naturais – cachoeiras – e mirantes, de onde é possível ter uma vista da cidade de Tiradentes.

Ela é descrita como um elemento imponente, porém, poucos são os comentários nos quais ela é relacionada à cidade, ou seja, como parte integrante de sua paisagem construída. A grande parte dos comentários, senão a maioria, descreve o potencial turístico da serra propriamente dito. Diante desses achados, cabe uma indagação sobre a percepção que o turista tem desta paisagem natural sob o ponto de vista do ambiente construído a partir destes dados textuais. É como se os turistas a analisassem sob o ponto de vista de uso, de um produto em si.

a atenção, que facilitam ou dificultam a organização ou diferenciação” (Lynch, 1997, p. 155).

Considerações finais

A cidade de Tiradentes, de forma histórica e contextual, se coloca como um espaço produzido – principalmente no tocante ao seu centro histórico – em favor do turismo. Dessa maneira, sua vocação turística foi sendo testada e concebida por empreendedores diversos. Por isso, é possível atestar uma apropriação de quase a totalidade do centro histórico em prol de atividades turísticas.

À vista disso, o trabalho se propôs a analisar a percepção do turista acerca da cidade de Tiradentes, mais propriamente, do centro histórico, e de seu principal elemento natural, que no caso, seria a Serra de São José. Tal análise partiu do pressuposto da importância de se entender como a cidade é percebida por esses sujeitos, e como ela é projetada pelos mesmos. Nesse sentido, a adoção das categorias paisagem construída e paisagem natural se colocou como um facilitador das análises e discussões.

Vale a pena destacar que os resultados apresentados se configuram como uma percepção, e as imagens formadas a partir desta, como bem ressalta Lynch (1997), se colocam como um processo bilateral entre o observador e o ambiente, a partir do qual o observador acaba por selecionar, organizar e conferir significado àquilo que se vê. Dessa forma, a imagem de uma dada localidade pode variar, de forma significativa ou não, entre observadores diferentes. De forma complementar, cabe argumentar também que a percepção da paisagem se coloca como algo subjetivo, resultado de uma experiência particular do indivíduo com determinado espaço.

Os dados e informações apresentados – e analisados sob a luz da teoria – mostram-se estritamente importantes para as discussões acerca da imagem e percepção urbana, podendo ir além, e se colocando também como um repertório visual apreendido e reproduzido pelos turistas. Os estudos apresentados por Lynch (1997), em muito

contribuem para esta discussão, ao inserir elementos substanciais à imaginabilidade urbana.

As imagens descritas e observadas podem diferir de acordo com a escala analisada, assim como por questões de ponto de vista, hora do dia, estação do ano, a condição social e a bagagem cultural que o indivíduo traz consigo. À vista disso, é notável e singular que cada indivíduo tenda a criar e assumir sua própria imagem; no entanto, parece existir uma consonância entre membros de grupos equivalentes (Lynch, 1997). E isso pôde ser constatado pelo trabalho, ao identificar uma percepção geral acerca da paisagem construída, principalmente as questões envolvendo o centro histórico e a cenarização.

Em muitos momentos, a percepção do turista e, por consequência, a imagem formada, possuem uma relação direta entre as formas físicas e seus atributos, haja vista que a concentração de uma atividade específica em uma determinada rua, bairro ou praça pode torná-los importantes e visíveis aos olhos do observador (Lynch, 1997). E isto foi observado em diversos momentos, principalmente ao associar questões envolvendo o próprio centro histórico.

Outro ponto relevante é a observância da representatividade do centro histórico na percepção do turista. Vários adjetivos são elencados pelo mesmo para definir o centro histórico, mas em determinados momentos, parece haver uma extensão da imagem criada em torno do centro histórico a todo o restante da cidade.

Como bem destaca Silva (1997), o que atrai a atenção do turista seria o diferente e o inusitado. Dessa maneira, o olhar do turista se coloca estrangeiro e especulador. O que estaria por detrás da “fachada” – inerente aos processos históricos e sociais subjacentes àquela localidade – não se coloca como relevante, importando apenas a manutenção do cenário e a forma como este agrada ao público.

forma visual, do emaranhado de edifícios, ruas e espaços que compõem o ambiente urbano.

Notas

¹ Neste trabalho adota-se o conceito de paisagem urbana discutido por Cullen (2015), tratando-se de algo referente à organização e à coerência, de

² As mídias sociais podem ser caracterizadas por canais de relacionamento na internet, nos quais existem distintas possibilidades de interação e participação entre os usuários. Dentre as mídias sociais elencadas neste projeto cita-se: Instagram; Facebook; Booking; TripAdvisor; Twitter; Flickr.

³ Data Science se remete a uma ciência que estuda as informações, seu processo de captura, transformação, geração e, posteriormente, análise de dados. Trata-se de uma área interdisciplinar voltada a análise de dados, sejam eles estruturados ou não estruturados, visando a extração de conhecimento, detecção de padrões e/ou *insights*, essenciais no processo de tomadas de decisão.

⁴ Lynch (1997, p. 11) define o conceito de imaginabilidade como uma “[...] característica, num objeto físico, que lhe confere uma alta probabilidade de evocar uma imagem forte em qualquer observador dado [...]” sendo “[...] aquela forma, cor ou disposição que facilita a criação de imagens mentais claramente identificadas”.

⁵ A Estrada Real se caracteriza como a maior rota turística do país, se estendendo por mais de 1630 quilômetros e cruzando os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Sua construção data de meados do século 17, quando a Coroa Portuguesa decidiu oficializar os caminhos para o trânsito de ouro e diamantes de Minas Gerais até os portos do Rio de Janeiro. As trilhas abertas pela realeza receberam o nome de Estrada Real.

⁶ O TripAdvisor surgiu no ano 2000 se colocando como um guia de viagens, a partir do qual os próprios turistas podem emitir opiniões, fazendo com que o *site* seja alimentado com relatos de experiência no formato de avaliações e comentários. A página possui mais de 600 milhões de avaliações e comentários redigidos, em sua maioria, por turistas (TripAdvisor, 2019).

⁷ Trata-se de uma técnica de extração de dados utilizada para coletar dados de *sites*.

⁸ Python é uma linguagem de programação lançada nos 1990 e que vem ganhando expressividade nos últimos anos, tornando-se uma das mais populares entre programadores, principalmente no que diz respeito à sua funcionalidade com dados, Big Data e inteligência artificial.

⁹ Uma nuvem de palavras, ou também conhecida como nuvem de *tags* e *tagcloud*, se refere a uma representação visual de dados no formato de texto livre, por meio da qual é possível observar, de forma rápida, a relevância de uma palavra em uma base de dados mediante o seu tamanho na nuvem. Quanto maior for a ocorrência de uma determinada palavra no texto, maior será o seu tamanho na nuvem.

¹⁰ O conceito cidade histórica no mercado turístico está associado às pequenas e pitorescas cidades remanescentes datadas do período colonial e imperial brasileiro (Silva, 2004).

¹¹ O crescimento no número de empregos formais no setor de hospedagem, assim como de estabelecimentos formais de hotelaria, acrescidos do aumento do fluxo turístico doméstico e internacional foram pontos-chaves para que o município subisse da categoria B, em 2015, para a categoria A em 2018.

¹² Apenas três cidades estão classificadas na categoria A no estado de Minas Gerais, sendo elas: Tiradentes, Camanducaia e Belo Horizonte.

¹³ A cidade possui um acervo arquitetônico preservado, e isto se deve, em medida, pelo “abandono” populacional no qual a cidade passou entre os séculos XVIII e XX, dada a decadência econômica na época.

¹⁴ Memorial Maria Moura (minissérie), Hilda Furacão (minissérie), Rabio de Saia (minissérie), Amor e Cia (filme), Coração de Estudante (novela), O Menino Maluquinho (filme), Espelho da Vida (novela).

Referências

Amaral, F. (2016) *Introdução a ciência dos dados: mineração de dados e Big Data*. Rio de Janeiro, Alta Books.

Campos, H. R. (2012) Espaço urbano e turismo em Tiradentes-MG. *Revista Espaço Acadêmico*, 132, 182–191. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/14935>. [Consultado em: 27 março de 2019].

Castro, C. A. C., Tavares, M. G. C. (2016) Processos de turistificação do espaço do patrimônio cultural: um estudo no centro histórico de Belém-PA. *Turismo: Estudos & Práticas*. 5(1),

57–87. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/turismo/article/view/1964>. [Consultado em: 20 junho de 2019].

Chua, A., Servillo, L., Marcheggiani, E., Vande Moere, A. (2016) Mapping Cilento: Using geotagged social media data to characterize tourist flows in southern Italy. *Tourism Management*. 57, 295–310. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.06.013>.

Cullen, G. (2015) *Paisagem Urbana*. Lisboa, Edições 70.

Davidowitz, S. S. (2018) *Todo mundo mente: o que a internet e os dados dizem sobre quem realmente*

- somos. Traduzido por Wendy Campos. Rio de Janeiro, Alta Books.
- Donaire, J. A., Galí, N. (2011) La imagen turística de Barcelona en la comunidad de Flickr. *Cuadernos de Turismo*. 27, 291-303. Disponível em: <https://revistas.um.es/turismo/article/view/139961>. [Consultado em: 10 agosto de 2019].
- Donaire, J. A.; Galí, N.; Royo-Vela, M. (2015) El uso de GPS para el análisis del comportamiento espacio-temporal de los turistas: pre-test en el Valle de Boí. *Cuadernos de Turismo*. 35, 117-131. Disponível em: <https://doi.org/10.6018/turismo.35.221541>.
- Encalada, L., Ferreira, C., Rocha, J. (2017) Big Data e Redes Sociais na Análise dos padrões turísticos de Lisboa. *Anais do XI Congresso da Geografia Portuguesa - As dimensões e a responsabilidade social da Geografia*. Porto, Lisboa, Portugal. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321871738_Big_Data_e_Red_Sociais_na_Analise_dos_padroes_turisticos_de_Lisboa. [Consultado em: 04 abril de 2019].
- Galí N, Aulet S. (2019) Tourists' space-time behavior in heritage places: Comparing guided and nonguided visitors. *International Journal of Tourism Research*. 21(3), 388-399. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jtr.2270>.
- Galí, N., Donaire, J. A. (2015) Tourists taking photographs: the long tail in tourists' perceived image of Barcelona. *Current Issues in Tourism*. 18(9), 37-41. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/13683500.2015.1037255>.
- Galí, N, Donaire, J A. (2013) *Direct observation as a methodology for effectively defining tourist behavior*. Disponível em: <https://agrifedcdn.tamu.edu/ertr/files/2013/02/4-p14f.pdf>. [Consultado em: 16 de abril de 2019].
- Gândara, J. M. G. A (2008) Imagem dos Destinos Turísticos Urbanos. *Revista eletrônica de Turismo Cultural*. Número Especial 2008, 1-22. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/turismocultural/aimagem.pdf>. [Consultado em: 25 setembro de 2019].
- Guimarães, A. F. (2010) Construção e reconstrução de práticas culturais em Tiradentes MG: as relações entre turistas e nativos em uma cidade histórica mineira. Dissertação de mestrado não publicada (Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Local) – Centro Universitário UMA. Disponível em:
- IBGE. (2019) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tiradentes/painorama>. [Consultado em: 15 de dezembro de 2019].
- Kadar, B. (2014) Measuring tourist activities in cities using geotagged photography. *Tourism Geographies*. 16(1), 88-104. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14616688.2013.868029>.
- Lynch, K. (1997) *A imagem da cidade*. São Paulo, Martins Fontes.
- Machado, D. F. C. (2016) A influência das redes sociais na imagem do destino e na intenção de visita. *CULTUR*, 10(2), 44-48. Disponível em: <http://periodicos.uesc.br/index.php/cultur/article/view/1604>. [Consultado em: 27 agosto de 2019].
- Maricato, E. (2000) As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In: Arantes, O.; Vainer, C.; Maricato, E. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis, Editora Vozes.
- Ministério do Turismo (2019) Cresce a participação do turismo no PIB nacional. 2019. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/12461-cresce-a-participa%C3%A7%C3%A3o-do-turismo-no-pib-nacional.html>. [Consultado em: 16 de julho de 2019].
- Puebla, J. G. (2018) Big Data y nuevas geografías: la huella digital de las actividades humanas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*. 64(2), 195-217. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/dag/dag_a2018v64n2/dag_a2018v64n2p195.pdf. [Consultado em: 18 maio de 2019].
- Puebla, J. G.; Palomares, J. C. G.; Olmedo, M. H. S. (2016) Big (Geo) Data en Ciencias Sociales: Retos y Oportunidades. *Revista de Estudios Andaluces*, 33(1), 1-23. Disponível em: <https://doi.org/10.12795/rea.2016.i33>
- Santos, G. C. O., Cabral, B. C. O., Gosling, M., Christino, J. M. M. (2017) As redes sociais e o turismo: uma análise do compartilhamento no Instagram do Festival Cultura e Gastronomia de Tiradentes. *Revista Iberoamericana de Turismo-RITUR*. 7(2), 60-85. Disponível em: <https://doi.org/10.2436/20.8070.01.55>.
- Severo, M. (2019) *Tweets com geotags: ontem, hoje e amanhã*. Disponível em: <https://www.martasevero.com/geotagged-tweets-yesterday-today-and-tomorrow/>. [Consultado em: 14 de julho de 2019].
- Silva, M.G. L. (2004) *Cidades Turísticas: identidades e cenários de lazer*. São Paulo, Aleph.
- Sousa, D. S., Schicchi, M. C. S. (2017) O Centro Histórico de Tiradentes: turismo, urbanismo e patrimônio. Anais do I Congresso Nacional para Salvaguarda do Patrimônio Cultural: fronteiras do patrimônio: preservação como fortalecimento das identidades e da democracia. Cuiabá, Mato Grosso. Disponível em: <https://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/cicop/cicop2017ufmt/paper/view/3086>. [Consultado em: 23 de março de 2019].

TripAdvisor. *Explore Tiradentes*. 2019. Gerais-Vacations.html. [Consultado em: 10 de janeiro de 2020]. Disponível em: https://www.tripadvisor.com.br/Tourism-g737098-Tiradentes_State_of_Minas_

Tradução do título, resumo e palavras-chave

The heritage and tourist city: an analysis of the image construct and appropriation of the historic center of Tiradentes-MG from the social media

Abstract. *Tourism is seen as an activity capable of refunctionalizing geographic spaces and endowing them with new landscapes and symbologies. This theme can be considered very relevant in studies involving urban space and dialogues directly with geographic science and urbanism. Thus, it highlights the relevance of studies that aim to address the relationship of the tourist with space and/or the landscape, with an emphasis on this work, the studies involving heritage tourist cities. In this sense, the work in question has as main objective to analyze the perception of tourists about the urban space of the city of Tiradentes - MG, identifying the urban image formed by them, from the data contained in social media. In the case of methodological procedures, different stages were used, namely: documentary and bibliographic research, case study, photographic records, on-site observations, and analysis of data obtained from TripAdvisor. To obtaining and analyze the data, the technique known as Web Scraping (WS) was used. From the analysis, it was possible to identify the urban image formed from the perception of tourists about the city of Tiradentes. It can be noted a strong association with the Historic Center of the city, and many times seeing the totality of the city restricted only to this central space.*

Keywords. *tourism, urban image, social media, Tiradentes-MG.*

Editor responsável pela submissão: Renato Saboya.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.



SEÇÃO ABERTA

Artigos científicos em fluxo contínuo

Questões fronteiriças: Florianópolis e Olivença, duas faces da mesma moeda

Milton Luz da Conceição 

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: milton.conceicao@ufsc.br

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.88>

Submetido em 1 de julho de 2019. Aceito em 27 de fevereiro de 2020.

Resumo. Identificar nas cidades de Olivença (Espanha) e na cidade de Florianópolis (Brasil), marcas da disputa entre lusos e castelhanos para marcar fronteiras ibéricas ou pelo controle da costa sul atlântica meridional da América é o primeiro objetivo deste artigo. As citadas cidades serão moedas de troca em Tratados numa das muitas tentativas de solução para estes conflitos. As estruturas urbanas de defesa construídas em ambos espaços em meados do sec. XVIII, marcaram o território. A pretendida reconstrução busca no espaço urbano atual de Florianópolis e Olivença (em português) as marcas denunciadoras da luta entre ibéricos na premência de satisfazer suas necessidades e desejos. As fronteiras portuguesas mais ameaçadas por invasões, neste período, são a fronteira ao sul da colônia Brasil e a fronteira ibérica sueste a margem do rio Guadiana, o inimigo era comum em ambas: os Castelhanos. Assim, na primeira metade do século XVIII o reforço militar nestas duas fronteiras, tão distantes fisicamente, mas tão próximas na sua vulnerabilidade, foi uma constante. Afirmar que a Ilha de Santa Catarina e a região Ibérica onde se situa Olivença não guardam nenhuma semelhança física, geográfica ou social é afirmar o óbvio. Mas podemos refletir a respeito da materialidade advinda dos episódios históricos.

Palavras-chave. fronteiras, arquitetura de defesa, território, evolução urbana.

Introdução

As cidades surgem como espaços únicos, suas coletividades sob suas origens específicas assumem diversas formas. Pensar a evolução territorial até nossos dias, requer a identificação dos agentes transformadores presentes no processo.

A percepção destes agentes dentro do permanente processo de transformação, é possível sob diversas perspectivas; “espacializando a narrativa histórica” para Soja (1993); dentro de um “materialismo Histórico e Geográfico” tentando estabelecer uma dialética, tempo, espaço, homem, é a sugestão de Santos (1994).

A reconstrução histórica, examinando os sinais deixados no espaço, é a opção que fizemos para identificar nas cidades de Olivença na Espanha e na cidade de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina sul de Brasil, marcas da disputa entre lusos e

castelhanos para marcar fronteiras ibéricas e pelo controle da costa sul atlântica meridional da América.

As citadas cidades são faces da mesma moeda nos muitos Tratados celebrados entre portugueses e espanhóis em tentativas de solução para este conflito. Destaque para o Tratado de Madri (1750), o de El Pardo (1761) e o Tratado de Santo Ildelfonso (1777). Este último é o que devolve a Ilha de Santa Catarina invadida pelos espanhóis. Já Olivença, somente será incorporada ao território espanhol em 1801 no Tratado de Badajoz, questionado até os dias atuais. Como visto a disputa de fronteiras entre portugueses e espanhóis envolve estes dois territórios, tão distantes, nas mesmas disputas. As estruturas urbanas de defesa construídas em ambos espaços urbanos, neste período, ficaram como marcos influenciando no processo de evolução urbana que se seguiu.

A pretendida reconstrução busca no espaço urbano atual de Florianópolis e Olivença as marcas denunciadoras da luta entre ibéricos na premência de satisfazer suas necessidades e desejos. Na economia, na política, e nas artes encontramos estes agentes transformadores. Nas fronteiras encontramos o espaço físico do confronto entre estas necessidades e desejos.

A fronteira. Espaço de significados variados. De uma linha imaginária a uma região na qual se inseriam conflitos, interesses, construções, trânsitos que deram a tônica definidora da soberania dos Estados Modernos. Em territórios fronteiriços, especialmente quando se aborda o continente americano, pode se conjecturar que diversas relações, caminhos, idas e vindas foram feitos sem se chegar a um denominador comum acerca do que pertencia a um determinado Estado e do que pertencia a outro. (Acruche, 2014, p. 68).

A ocupação da Ilha de Santa Catarina, território que abriga a cidade de Florianópolis (Brasil), data do século XVII. Esta ocupação é impulsionada a partir de meados do século XVIII por interesses da Coroa Portuguesa. Esta ilha é o ponto mais propício para defesa da costa sul frente aos Castelhanos na acirrada disputa pela foz do Rio da Prata.

A presença de um assentamento humano no espaço onde hoje se encontra a cidade de Olivença, Província de Badajoz (Espanha), data de meados do século XIII, portanto posterior à reconquista. O que lhe nega uma origem árabe e a remete a uma origem templário.¹ Com um posicionamento territorial incomum esta localidade sempre esteve no epicentro de disputas fronteiriças, primeiro na divisa hispano-muçulmana e posteriormente na questão entre portugueses e espanhóis que permanece até os dias atuais.

Em uma aproximação inicial podemos dizer que a geografia física coloca ambos os territórios, a ilha de Santa Catarina e a cidade de Olivença, em posição estratégica para os avanços e recuos das opções bélicas tomadas por portugueses e castelhanos na disputa fronteiriça ibérica e na conquista da costa meridional sul atlântica. Espaços distintos em um mesmo tempo e em uma mesma disputa.

Os Tratados Internacionais resultantes do entendimento diplomático entre as partes envolvidas resultam em trocas territoriais que são agentes de transformação urbana proporcionadores de comparação entre estes dois pedaços do mundo separados por 10.000 km, e que a historiografia em geral esquece que são partes de um mesmo conflito.²

As fronteiras lusas- hispanicas³

A costa sul-atlântica meridional da América, território em que se insere a ilha de Santa Catarina, será terra de ninguém até meados do século XVIII. Reafirmamos o dito em Rodrigo Ceballos (2007), para melhor entender este pedaço do mundo onde várias forças disputavam um intenso comércio.

Em 1658, após três meses de viagem em uma embarcação espanhola, o francês Acarete du Biscay chegou a embocadura do Rio da Prata. Logo em sua entrada, a nave foi ameaçadoramente recepcionada por uma fragata francesa, mas nada que impedisse sua chegada ao destino final: a cidade de Santissima Trindad y Puerto de Santa Maria de los Buenos Aires.

Próximo ao porto este viajante ilegal, trazido como “primo” do capitão do navio, avistou duas embarcações inglesas e vinte e duas holandesas desembarcando mercadorias semelhantes a que eles também traziam - roupas de linho, tecidos de seda e lã, especiarias, agulhas, espadas, ferramentas - e, especialmente alguns escravos vindos de Angola. As embarcações inglesas regressavam ao Oceano Atlântico carregando, couro, lã e prata. (Ceballos, 2008, p. 1).

A imprecisão do controle sobre este território, favorecida pela ausência, ainda a este tempo, dos Estados/Nação, serviu a vários interesses, sendo que o econômico sempre se sobrepôs a qualquer outro até o século XVIII. Neste período, Ingleses, Franceses, Holandeses, Russos e Angolanos disputavam estes mares com as Coroas Ibéricas que se presumiam soberanas. A união destas Coroas (União Ibérica - 1580 a 1645) teve a importância de consolidar as relações entre lusos e hispânicos no comércio de couros, sebo e lãs em troca da prata extraída das minas de Potosí, estas rotas

tinham a primazia dos portugueses até o final da dita União.

A importância estratégica da fronteira e os conflitos que ao longo dos séculos XIV e XV opuseram portugueses e castelhanos, fazem de Olivença protagonista frequente de episódios históricos trocando de mãos de tempos em tempos. Como exemplo, após a morte do monarca D. Fernando a 22 de outubro de 1383, Olivença passa à pertencer ao reino de Castela voltando a ser Portuguesa em 29 de novembro de 1389.

Assim podemos reafirmar que tanto a ilha de Santa Catarina, na costa sul do Brasil desde a chegada dos ibéricos, como a região conhecida por “*Llanos de Olivenza*” na província de Badajoz na Espanha, serão territórios alvo de intensas disputas fronteiriças entre portugueses e espanhóis.

A importância da ilha de Santa Catarina como último ponto seguro de parada e abastecimento a quem avança ao Prata é lembrada por Oliveira Jr. (2005, p.2):

Situada a meio caminho entre o Rio de Janeiro e a Região do Prata, e por ser o último porto apropriado para reparo e abastecimento de água e alimentos de navios, esta Ilha consistia em parada obrigatória dos navegadores que se destinavam à Região Platina. Tornou-se, assim, cobiçada por espanhóis e portugueses, que passaram a revezar-se no seu uso até o século XVIII.

Esta posição geoestratégica na questão da fronteira luso-castelhana nos mares do Sul se equivale, na extensão do mesmo conflito, ao papel jogado pelo território de Llanos de Olivenza e seu principal assentamento, Olivença, na conflitiva fronteira Ibérica. No dizer de Gomez, (2005, p. 201)

La importancia estratégica en la que había quedado Olivenza [...] e convierte en factor morfológico dominante sobre cualquier otro de influencia en el paisaje arquitectónico – urbanístico. Desde fines del siglo XIII y durante siglos, Olivenza dependerá vitalmente de sus defensas y su historia quedará indisolublemente unida a aquéllas.

Até 1801 a importância estratégica de Olivença está intimamente conectada com o

acesso à *Ponte da Ajuda*, elemento urbano mais periférico sobre o rio Guadiana.

Olivença no século XVIII

O século XVIII representa para Olivença o princípio do fim de sua etapa Portuguesa. Se existe um fato que marque este início é sem dúvida o fechamento da ponte da Ajuda pelo Marques de Bay em 1709 trazendo danos irreparáveis ao futuro da cidade. Sem a passagem sobre o Guadiana Olivença fica isolada e condenada a sua própria sorte.

No começo desse período a cidade contava com cerca de 10.000 habitantes (Siqueira, 1944) população que vai se reduzindo com o passar dos anos devido a seu isolamento. Assim em 1739 a população já havia se reduzido significativamente a 6681 habitantes. No meio do mesmo século encontramos 5.500 pessoas nesta localidade e em 1758, segundo Teodoro (1993), 4.370 almas.

Na segunda metade do século XVIII espanhóis das mais diversas origens começam a chegar a região atraídos pela riqueza de seus campos e a abundância de água, assim, se verifica um aumento demográfico para 7600 habitantes segundo o censo de 1790.

Os acontecimentos bélicos que envolvem Portugal e Espanha nos séculos XVII e XVIII, induziram um reforço de construções militares para melhorar a segurança do enclave.

A Ilha de Santa Catarina no século XVIII

O processo de ocupação da ilha de Santa Catarina só acontecerá um século e meio depois da chegada dos Portugueses ao Brasil. Porém a fundação de um primeiro núcleo (1673) não significa o início de uma ocupação imediata de todo o território. Neste caso específico o primeiro núcleo é o enclave de Nossa Senhora do Desterro totalmente incendiado e destruído por um ataque pirata 30 anos depois de sua instalação.

Somente será reconstruída em 1714 como “Cidade Real”, como era chamada a vila criada por ordens expressas do Rei em pontos estratégicos do território, ficando seus cidadãos subordinados diretamente à “Coroa” como nos ensina Ribeiro (1994, p. 195)

As cidades e vilas da rede colonial, correspondentes a civilização agrária, eram, essencialmente, centros de

dominação colonial, criados muitas vezes, por atos expressos da Coroa para defesa da costa, como Salvador, Rio de Janeiro, São Luís, Belém, Florianópolis e outras.

Por ordens expressas da Coroa Portuguesa em 1738 se nomeia o Brigadeiro José da Silva Paes com a missão de organizar política e administrativamente o que seria a futura Província de Santa Catarina. Seguindo a política de colonização as duas primeiras ações do militar são: Construir um sistema de fortalezas para defesa da costa; organizar a criação de vários núcleos ao longo da costa da ilha como defesa e para consolidar sua ocupação.

O envio de colonos para viabilizar o projeto começa a partir de 1748 quando aportam na ilha as primeiras 50 primeiras famílias oriundas do arquipélago dos Açores. Em 1749 mais 47 famílias Açorianas, entre 1750 e 1753 mais 4.000 colonos reforçam o contingente que se completará com 600 pessoas chegadas da ilha da Madeira em 1756.

Como visto a preocupação com a defesa da Ilha se intensifica no século XVIII coincidindo com a conquista da Costa Sul Atlântica da América e a obsessão dos Ibéricos pela foz do Prata. Esta corrida ao Rio da Prata tem por motivação a cobiça aguçada pelo mapa de 1515 do geógrafo alemão Johannes Schöner que acabava a América do Sul na altura do atual Uruguai apontando a existência de uma fenda, levando direto a Potosí e a prata Peruana. Goes Filho (2004).

A fortificação Portuguesa das fronteiras em perigo

As fronteiras portuguesas mais ameaçadas por invasões, a partir da metade do século XVIII, são a fronteira ao sul da colônia Brasil e a fronteira ibérica sueste a margem do rio Guadiana, o inimigo era comum em ambas: os Castelhanos.

Assim, na primeira metade do século XVIII, período que coincide com o reinado de D. João V, o Magnânimo, o reforço militar nestas duas fronteiras, tão distantes fisicamente, mas tão próximas na sua vulnerabilidade, foi uma constante.

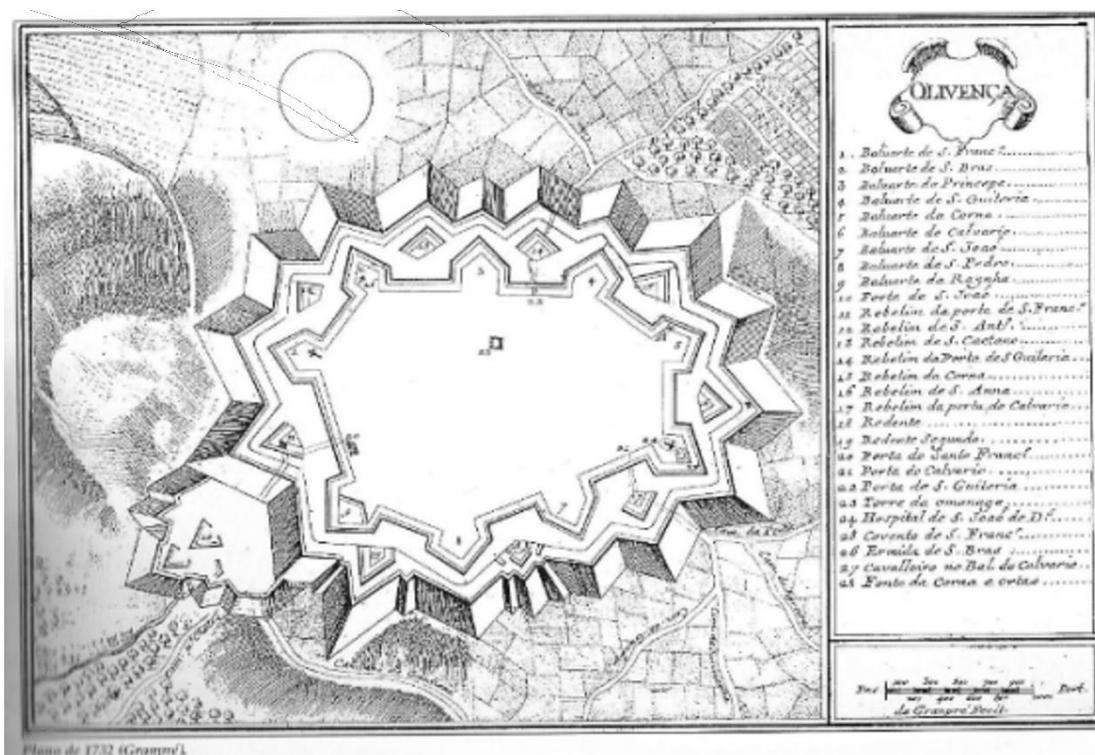


Figura 1. Plano de defesa de Olivença 1732 Fonte: Pizarro Gomez, 2005.

Em Olivença o já citado fechamento da Ponte da Ajuda (1709) e seu isolamento a esquerda do Guadiana suscitava serias preocupações quanto a manutenção deste território. O

reforço e remodelação das defesas portuguesas neste enclave tornam-se prioridade junto a Coroa Portuguesa. Entre as reformas mais importantes está o Plano

Granpré de 1732 (Figura 1) no sistema abaluartado existente. Registradas nesse período estão: 1) A construção de uma cavalaria junto ao forte São João de Deus, forte este já existente desde o século anterior. 2) A construção de um novo e reforçado portal para a cidade em sua saída à Portugal, Porta do Calvário. 3) E finalmente com intenção de reforçar a segurança pelo acesso sudeste da cidade reforçasse à porta de São Francisco e se constrói o forte São Joao. Outras reformas acontecerão dentro de Olivença e vão se limitar ao reforço dos nove baluartes que compõem o recinto amuralhado.

A forte conexão que une Estado e Igreja no Patronato Régio Português também se fazem presentes na Colônia. O fato de em Olivença as construções militares estarem conectadas física e politicamente a construções religiosas se repete da mesma forma na Ilha de Santa Catarina.

O envio do já citado engenheiro militar Brigadeiro Jose da Silva Paes em 1738, tinha como objetivo organizar a colonização da ilha e construir um sistema militar de defesa. Em dez anos o trabalho iniciado por Silva Paes e continuado por seus sucessores resulta em seis núcleos fundados na ilha e mais três no continente próximo. A fundação dos núcleos é comandada diretamente do núcleo central. Segundo reza a “Provisão Régia” de Nove de agosto de 1747 sua organização é composta por um vigário, alguns soldados, e os colonos, ao chegar ao local escolhido à primeira construção deverá ser a Igreja com seu rocio frontal. Ademais, da morfologia da ocupação territorial da ilha de Santa Catarina, chama a atenção os projetos, as técnicas e os materiais empregados na construção das fortificações e igrejas. Este conjunto Forte/Igreja vai nortear a formação da paisagem urbana, e mesmo hoje, após

perder parte de sua importância como referência tanto no plano político-social como no urbano ainda permanecem como marcas simbólicas do processo de colonização. A arquitetura e o processo construtivo destes edifícios indicam uma recomposição histórica com vistas ao conhecimento destas estruturas urbanas e dos agentes de transformação que sobre ela operaram durante os últimos trezentos anos. Foram os Açorianos e Madeirenses os colonos escolhidos pela Coroa Portuguesa para programar a empreitada de Silva Paes. A influência da cultura lusa- açoriana na arquitetura destes edifícios aparece principalmente no “frontão” e na fachada, porém, mais na forma que na estrutura ou nos materiais a serem utilizados. Esta cultura está impregnada da estética dos jesuítas em sua composição de influência “maneirista” numa interpretação livre de seus arquitetos, mestres artifices e construtores. A mesma influência é percebida em seus interiores, nas decorações de púlpitos e altares na ingenuidade de suas pinturas como na simplicidade das plantas. Essa espontaneidade em parte determinada pelos materiais disponíveis e o clima, apontam ainda a uma livre adaptação de modelos europeus.

Sob a invocação de Nossa Senhora das Necessidades e o comando de Jose da Silva Paes em 1750 se inaugura a igreja, elemento central da freguesia de Santo Antônio de Lisboa, ao norte da costa oeste, criada pela Provisão Régia de 26 de outubro de 1751. Esta fundação é de vital importância como apoio aos fortes de São José da Ponta Grossa (1740) distante cinco quilômetros ao norte da freguesia e ao forte de Santo Antônio localizado em uma pequena ilha (Ratões Grande) em frente a freguesia.



Figura 2. A esquerda igreja de N.S. das Necessidades e a direita o Forte de Santo Antônio (fonte: IHGSC, s.d.).

Na segunda metade do século XVIII a colonização já está consolidada com a elevação, à categoria de vila, do núcleo central Nossa Senhora do Desterro (atual Florianópolis) e a fundação de núcleos fortificados em pontos estratégicos do território. A partir daí a população local, de 9.200 almas em toda a ilha, passam a ter uma única preocupação, a eminente invasão espanhola que será levada a efeito em fevereiro de 1777.

O último feito diplomático do reinado de João V de Portugal foi o Tratado de Madrid de 1750, que cruzou os tratados e acordos posteriores, estabelecendo as modernas fronteiras do sul do Brasil relaxando em parte as tensões fronteiriças. Com sua morte (1750) sobe ao trono português seu filho D. Jose I.

Os sistemas de defesa e suas construções

Afirmar que a Ilha de Santa Catarina e a região Ibérica onde se situa Olivença não guardam nenhuma semelhança física, geográfica ou social é afirmar o óbvio. Mas sob o aspecto da materialidade advinda dos episódios históricos da formação de ambos os territórios podemos refletir a respeito. Afinal, as construções defensivas são feitas pelo mesmo povo, o Português, em territórios distintos, no mesmo período, a primeira metade do século XVIII, com ambas populações em torno de 9.000 pessoas e com o mesmo objetivo, a defesa de fronteiras estratégicas. Estratégicas porque um elemento natural proporciona esta situação

geográfica especial a estes espaços: o rio Guadiana a Olivença e o Oceano Atlântico a Ilha de Santa Catarina.

Num primeiro levantamento destas construções chamou a atenção o esmero dado as portas e sua simbologia. Apresentamos a “Porta do Calvário” em Olivença ao lado da porta de Anhato-Mirim na fortaleza de Santa Cruz na Ilha de Santa Catarina. (Figura 3).

A Porta do Calvário junto ao baluarte do Calvário apesar de datar de tempos mais remotos, recebe reforma completa e sua aparência atual por volta de 1735, ao mesmo tempo (1739) na ilha de Santa Catarina se construía junto a Fortaleza de Santa Cruz a porta de Anhato Mirim. Ambas sob a inspiração da arquitetura militar portuguesa em latitudes tão diversas, executadas por distintos comandantes militares, mas com objetivos similares. A tradição lusitana em construções militares se consolida através do lisboeta Luis de Pimentel (1613-1679), que difundiu o sistema abaluartado em Portugal e colônias através de sua publicação de 1680 “Methodo Lusitanico de desenhar as fortificações das praças regulares & irregulares” revelando toda a influência exercida da arquitetura militar holandesa sobre os engenheiros militares portugueses, também destaca-se na adaptação destas teorias a pratica nas batalhas do sec. XVIII o inglês Frederico Guilherme Ernesto de Schaumburg-Lippe o conde de Lippe que comandou o exército português de 1762 até sua morte em 1777.



Figura 3. A esquerda Porta de Anhato- Mirim a direita Porta do Calvário (fonte: esquerda: IHGSC, s.d.; direita: Sanchez Garcia e Limpo Piriz, 1994).

Seguindo em busca de vestígios de construções datando da primeira metade do século XVIII nos territórios em estudo vamos nos deparar com as fortalezas da Ilha de Santa Catarina e igualmente a reforma dos

baluartes protetores do recinto Oliventino e a construção do forte de São João.

Os fortes abaluartados, símbolo da arquitetura militar portuguesa, se faz presente em ambos territórios. Numa aproximação

entre o baluarte do Forte de Santo Antônio dos Ratores na ilha de Santa Catarina e o baluarte Oliventino de São Brás, verificamos coincidências nos princípios construtivos e os mesmos objetivos militares. O primeiro projetado e construído engenheiro militar Brigadeiro José da Silva Pais, primeiro governador da Capitania de Santa Catarina (1739-1745), as suas obras tiveram início em 1740 e, como ela, foi concluída cerca de

quatro anos após (Cabral, 1976). Contava, nessa ocasião, com doze peças de ferro (cinco de calibre 24, três de 18, três de 12 e uma de 4), e duas de bronze, de calibre 12. Já o Baluarte de São Brás nas muralhas de Olivença apesar de construído anteriormente vai ser inteiramente reformado e reforçado pelo engenheiro João Roiz da Silva. (Figura 4).



Figura 4. A esquerda Forte de Santo Antônio dos Ratores na Ilha de Santa Catarina/Brasil e a direita Forte de São Brás Olivença/ Espanha (fonte: esquerda: IHGSC, s.d.; direita: Sanchez Garcia e Limpo Piriz, 1994).

Entre as reformas mais importantes junto ao este sistema abaluartado na metade do século XVIII está a construção de uma cavalaria no baluarte de São João de Deus, a reforma da já existente porta do Calvário junto ao convento de Nossa Senhora da Conceição, a construção da porta de São Francisco e o forte de São João todas estas construções

localizadas no mapa da figura n. Outros vestígios de construções do mesmo período aproximam os dois territórios em estudo. Na tipologia de edifícios públicos ou privados podemos relacionar a principal praça de Olivença com o espaço público similar de Nossa Senhora do Desterro atual Florianópolis nas mesmas datas. (Figura 5).



Figura 5. A esquerda centro de Olivença a princípios do Sec.19 a direita centro de N.S. do Desterro atual Florianópolis no mesmo período (fonte: esquerda: Vallecillo Teodoro, 1999; direita: Floripendio, 2010).

O conjunto formado por construções religiosas católicas e fortificações militares na ilha de Santa Catarina pode ser percebida na correspondência do então governador da ilha de Santa Catarina “Manuel Escudeiro de Souza” ao Conselho Ultramarino (órgão da Corte Portuguesa) em 04.03.1751.

A 8 de dezembro passado (1750), dia da imaculada Conceição de Nossa Senhora se benzeu a nova Igreja do

povo da Laguna (Lagoa da Conceição), tomando posse dela seu Pároco, e da Fortaleza de São José da Ponta Grossa, que interinamente serviu de núcleo, ao muito povo de sua vizinhança, também benzeu neste dia o mesmo Santo; e como pela penúria que existe de artífices e ajudantes se retardaram as outras igrejas da ilha, ordenei que se façam casas pequenas

de pau-a-pique para oratórios. (Pauli, E. 1978, p. 96)

No núcleo central da Ilha de Santa Catarina, Igrejas Católicas e seus edifícios formam conjuntos que muito se assemelham aos também presentes no recinto Oliventino convida-nos a mais uma aproximação entre a fachada ocidental do Convento de Nossa

Senhora da Conceição em Olivença e a Igreja de Nossa Senhora do Rosário situada no centro da antiga Nossa Senhora do Desterro hoje Florianópolis, ambos objetos arquitetônicos riscados e construídos a meados do século XVIII (Figura 6).



Figura 6. A esquerda convento de N.S. da Conceição em Olivença, a direita igreja de N.S. do Rosário em Desterro (fonte: esquerda: Vallecillo Teodoro, 1999; direita: www.velhobruxo.tns.ufsc.br).

Os Tratados

Os primeiros Tratados Alcanizes 1279 e Alcaçovas 1479 dividiam a península ibérica objetivando a paz entre lusos e castelhanos. Na sequência o Tratado de Tordesilhas resultante da bula Papal “*Inter. Cætera Quæ*” del 13 de marzo de 1455 y “*Æternia Regis Clementia*”⁴ del 21 de junio de 1481, concedendo a Ordem de Cristo a jurisdição sobre as terras ultramarinas não pertencentes a nenhuma Dioceses, e ao Padroado Régio Português, todas as terras do novo mundo conquistadas a leste de uma li (7/7/1494), linha esta que até hoje em pleno século XXI ninguém foi capaz de determinar, apresentamos abaixo algumas destas linhas imaginárias..

El Tratado de Tordesillas resultó difícilmente aplicable y tanto Castilla como Portugal aspiraron simultáneamente a la posesión del Río de la Plata, que fue descubierto buscando un paso meridional hacia las verdaderas Indias y pronto concitó el interés como vía de penetración hacia las promisorias riquezas de la mítica “Sierra de la Plata”. Sin embargo, esa

plata la localizarán los castellanos que impulsaban la colonización desde el Pacífico y, por otro lado, Portugal también perderá su interés en la región al concentrar sus recursos en zonas comercialmente más rentables. (Albuquerque, 1989, p. 62)

A imprecisão nas várias linhas encontradas contribuiu para seu fracasso (Figura 7).

Após este tratado teremos um período de arrefecimento desta disputa entre ibéricos. Este fato deve-se a união das Coroas (União Ibérica - 1580 a 1645) que teve a importância de consolidar as relações entre lusos e hispânicos. No Atlântico Sul as rotas de comércio de couros, sebo e lã era lusa e a rota da prata extraída das minas de Potosí tinha a primazia dos castelhanos até o final da dita União e o recomeço da disputa e a necessidade de Tratados. Os avanços ora portugueses ora castelhanos sobre o território em disputa eram tão constantes como os recuos. A estratégia de colonizar para consolidar a conquista era empregada por ambos lados. A maioria das cidades contemporâneas localizados neste território tem como seu elemento gerador uma destas

colônias. Assim a cada novo tratado teremos assentamentos, povoados e vilas sendo utilizados como “moeda de troca” na disputa.

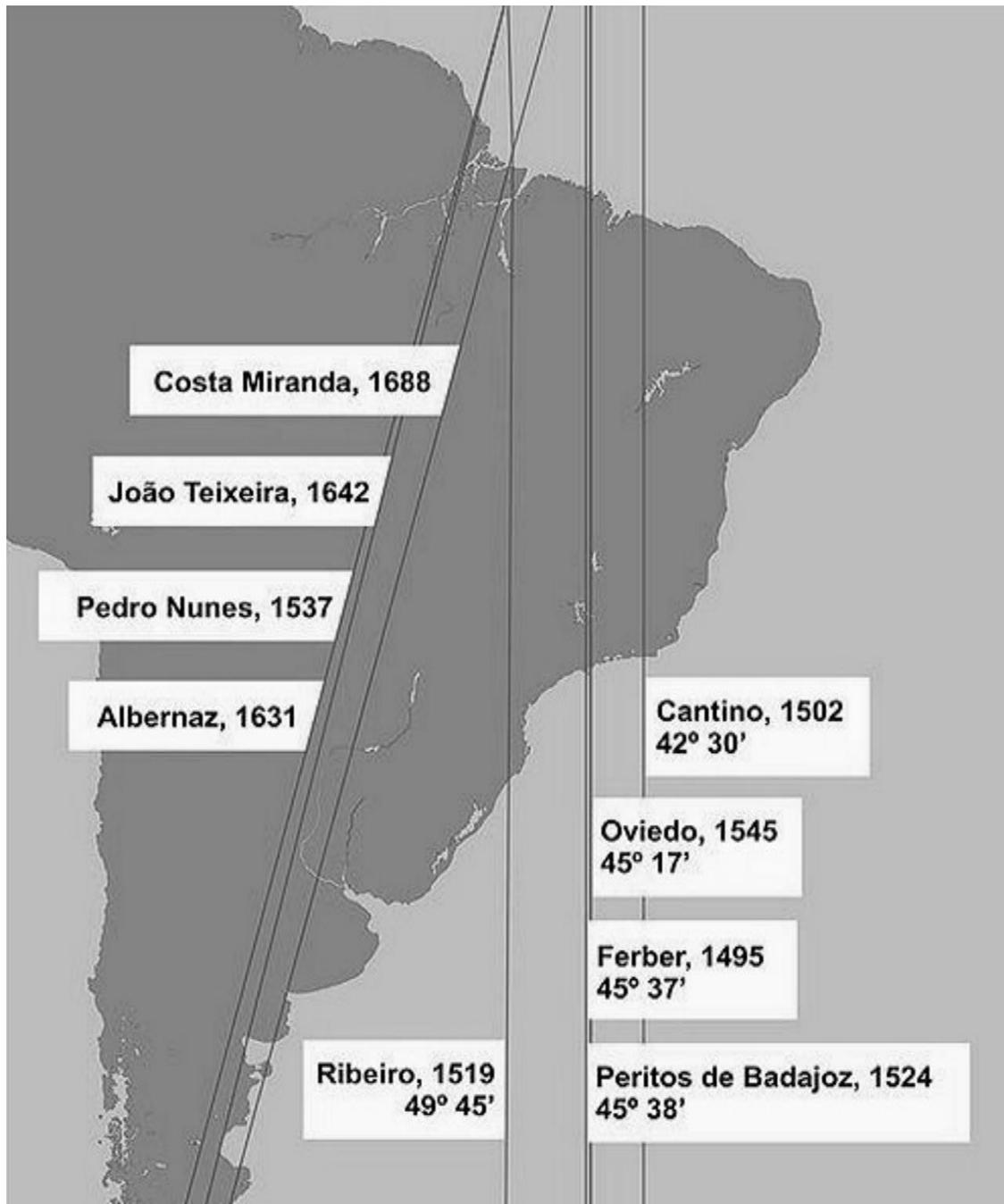


Figura 7. As várias linhas de Tordesilhas (fonte: Albuquerque, L. 1989).

Objetivando o estabelecimento de fronteiras e a paz seja na península ibérica ou nas terras do sul sempre tendo a Igreja Católica como mediadora teremos na sequência o importante Tratado de Madri, assinado, ratificado e promulgado em 1750. Este Tratado, assinado em 13 de janeiro de 1751 tinha, a princípio, o intuito de substituir Tordesilhas. Tratava praticamente de dividir as terras conquistadas no Novo Mundo,

estabelecendo novas fronteiras e frentes de exploração. A esta assinatura Brasil deve o seu primeiro estabelecimento de limites territoriais. Assim, os reis João V de Portugal e o Castelhana Fernando VI esperavam por fim as disputas de limites entre as colônias sul americanas. Um novo conceito de fronteiras foi introduzido foi aí introduzido por Alexandre de Gusmão, natural da ilha de Santa Catarina. Este tratava a posse efetiva

da terra (uti possidetis) e os acidentes geográficos como limites naturais. A primeira troca territorial se faz neste acordo:

Os Lusos cediam a cobiçada Colônia de Sacramento e junto suas pretensões no estuário do Prata e em contrapartida recebia o território das missões jesuíticas espanholas que hoje fazem parte do atual Estado do Rio Grande do Sul mais partes do atual Estado de Santa Catarina e a região compreendida entre os rios Alto Paraguai, Guaporé, e Madeira de um lado e Tapajós e Tocantins de outro, regiões despovoadas à época e que se incorporam ao território do futuro Brasil. (Goes Filho, 2004, p.286)

Este Tratado de Madri (1750) apesar de revogado já em 1761, marca para alguns um divisor de águas na historiografia de Brasil. Boxer (1969).

Portugal no ano de 1750 alcançou o auge de sua importância no tabuleiro das conquistas coloniais. A diminuição da produção aurífera de Brasil e a morte de D. João V após um reinado de 44 anos iniciam o declínio. Com a ascensão de D. José I se implanta um reinado fiel ao despotismo esclarecido tendo à frente seu primeiro ministro o Marques de Pombal.

O Marques de Pombal, Sebastião José de Carvalho e Melo (1699-1782), herói para os portugueses e uma figura nefasta para os brasileiros, é o nome do absolutismo em Portugal. (Azevedo, 1912, p. 96)

Elogiado por Portugueses que reconheciam as vantagens no acordo e abominado por Espanhóis que acreditavam ter cedido muito, o Tratado de Madri cai em 1761 substituído pelo Tratado de El Pardo. Neste todas as disposições do anterior tratado são anuladas voltando os conflitos as fronteiras. Na prática, a colônia de Sete Povos jamais foi ocupada por portugueses que não convenceram nem venceram a resistência do exército guarani missioneiro, uma formação de guerreiros guaranis comandados por religiosos jesuítas. Em contrapartida os portugueses também resistiram a entregar a Colônia de Sacramento. Assim o Tratado de El Pardo se condiciona a somente anular o Tratado de 1750 propondo o retorno a situação que vigorava anterior a esta data como descrito no seu artigo II:

[...] declarando-lhes que desde o mesmo dia da ratificação do presente tratado em diante só lhes ficarão servindo de regras para se dirigirem os outros tratados, pactos e convenções que haviam sido estipulados entre as duas Coroas antes do referido ano de 1750; porque todos e todas se acham instaurados e restituídos à sua primitiva e devida força como se o referido tratado de 13 de janeiro de 1750 com os mais que dele se seguiram nunca houvessem existido... (LNCC, s.d., s.p.)

Um novo episódio bélico agravaria a fragilidade das relações fronteiriças entre as duas coroas ibéricas, a invasão da ilha de Santa Catarina por Espanhóis.

A Coroa Portuguesa que já previa este grande conflito armado na costa sul do Brasil preparou, por ordem do Marques de Pombal, a defesa da ilha com a construção de novas fortalezas, instalou 143 novos canhões, aumentou o efetivo militar e mandou para aí oficiais estrategistas de seu melhor quadro. Todas estas medidas foram insuficientes para impedir a vitória da grande armada espanhola que chega com 6.000 marinheiros e 9.000 soldados. Capituladas as tropas portuguesas, empreendem fuga em direção ao Rio de Janeiro. A ilha é entregue em fevereiro de 1777 a D. Pedro Cevallos comandante da invasão.

O objetivo de adonar-se definitivamente se reflete no número de artesãos, religiosos e funcionários públicos que acompanhavam a expedição e que foram distribuídos por todos os núcleos da ilha. Somente em 1801, após muitas idas e vindas e muitos tratados é que vai cessar definitivamente a influência espanhola sobre este território. A importância desta invasão para Espanha é posta de manifesto na Carta do Conde de Aranda de 1777 para Carlos III:

No se puede negar que la isla de Santa Catalina es la llave de aquellos mares, pues quien se abrigue en ella será dueño de Buenos Aires (...) Es innegable que con ella y Montevideo habrá cubierto el Rey todo el Rio de la Plata, las Islas Malvinas (y) del Mar del Sur; tendrá descanso y recurso para la navegación de Filipinas, y podrá abrir una pesca que promete, quitando a toda suerte de enemigos el hincapié

de sus intencionas y el abrigo de su comercio ilícito. Que reflexione, pues, cualquiera, cual parte de América llenaría más objetos con menos puestos. Conde de Aranda a Floridablanca. París, 22/06/1777. (Goes Filho, 2004, p. 287)

Olivença, neste período, esperará mais alguns anos para testar seus aparatos de defesa contra os desejos expansionistas espanhóis. A espera terminará com a invasão de Portugal por parte de Espanhóis e Franceses. Em 20 de maio de 1801 tropas espanholas comandadas por Manuel de Godoy, no episódio conhecido por guerra das laranjas, invade a portuguesa Olivença. A exemplo da Ilha de Santa Catarina, Olivença também não ofereceu resistência já que seu governador Júlio Cesar Augusto Chermont deu ordens de rendição.

A solução para o episódio da ilha de Santa Catarina caminha rápido através do Tratado de Santo Ildefonso.

O Tratado Preliminar de Paz e Limites, assinado em Santo Ildefonso, se propunha a retomar a discussão de limites e fronteiras entre as coroas ibéricas. Porém, numa visão mais ampliada se propunha a finalizar definitivamente os conflitos que já duravam três séculos, seja na América na Ásia ou na própria Europa. Uma meta tão ambiciosa claramente não foi atingida.

O princípio demarcatório deveria ter como referência os acidentes geográficos. No caso específico da América Meridional foi formada uma comissão composta de dois comissários, dois geógrafos e dois ajudantes de cada parte. O território a ser discutido foi dividido em quatro parcelas a cada lado, sendo, portanto, oito comissões.

Em suas conclusões o Tratado de Santo Ildefonso demarca novos limites ao sul da América, mas mantém basicamente as fronteiras estabelecidas no Tratado de Madri. Porém, o que mais interessa a este artigo é a devolução à Portugal da Ilha de Santa Catarina.

Não agradando principalmente aos espanhóis, a manifestação do conde de Floridablanca em carta ao rei Carlos III de Espanha já tem um tom de justificativa:

[...] nos han vituperado de haber abandonado la ciudad de Rio Grande

con la laguna de los Patos y devuelto la isla de Santa Catalina... [mas] extender nuestras posesiones en el Brasil, como parecen desearlo algunas personas, en virtud de la famosa división de Alejandro VI, es un proyecto de ejecución imposible, y, lo que es más, contrario a los compromisos anteriores. Además, admitiendo este principio tendríamos que ceder a los portugueses las islas Filipinas, puesto que les pertenecen según la demarcación hecha por este pontífice. (Goes Filho, 2004, p. 287)

Mesmo num clima de pouco conformismo o tratado será firmado pelos ministros indicados, o conde de Floridablanca de Espanha e, por parte de Portugal, o embaixador Francisco Inocêncio de Souza Sobrinho em 1ª de outubro de 1777.

Como se poderia prever ainda não foi neste acordo que a paz imperou entre os ibéricos e suas frágeis fronteiras. Em 1801 o conflito volta a atingir a península, é a vez de Olivença ser amputada à Portugal. Ao sul do Brasil os luso-brasileiros avançam sobre as missões jesuíticas espanholas. O tratado de paz que se segue o “Tratado de Paz de Badajoz” (1801) não ratifica os limites anteriores ou seja o “status quo ante bellum” e por isto até os dias de hoje o território dos “sete povos das missões” é brasileiro (sucedâneo do Império Colonial Português) e Olivença tornou-se definitivamente espanhola.

Assim Olivença que foi reconhecida oficialmente portuguesa em 1297 através do Tratado de Alcanizes, troca muitas vezes de mãos até ser incorporada definitivamente a Espanha através do Tratado de Badajoz de 1801. Os portugueses vão denunciar este tratado em 1808 e em 1815. Espanha subscreve o Congresso de Viena que entre setembro de 1814 e junho de 1815 redesenha o mapa político europeu após a derrota da França Napoleônica. Nesta assinatura Espanha reconhece a soberania portuguesa sobre Olivença e se compromete com sua devolução o que não ocorreu até os dias atuais.

Conclusões

Finalmente, mesmo diante da dificuldade de explicitar em um artigo a abrangência de uma investigação em curso, apresentamos a ideia

de se buscar sobre o território da cidade de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina, bem como em Olivença região do rio Guadiana em Espanha, marcas da disputa entre lusos e castelhanos para estabelecer fronteiras ibéricas e pelo controle da costa sul atlântica meridional da América.

Acreditando que as presenças formais sobre o território complementam com propriedade o material encontrado em fontes primárias e bibliografias, mergulhamos num estudo profundo para compreender através destes vestígios os territórios estudados.

A rica bibliografia existente sobre estes conflitos vai aos poucos descortinando o significado das presenças formais e colocando as questões fronteiriças como um divisor de águas na evolução urbana de ambos territórios.

As relações entre Olivença e Brasil são muito fortes. Além desta cidade ibérica guardar os restos mortais do oliventino frei Henrique de Coimbra, celebrante da primeira missa no Brasil, daí também provêm algumas famílias tradicionais da cidade de Florianópolis, os Gama por exemplo.

O processo de urbanização demonstra que os dois territórios apesar de seguirem destinos diversos no curso da história refletidos em novas morfologias que foram se acrescentando, por um momento em sua trajetória estiveram intrinsecamente conectados através das posturas defensivas contra um inimigo comum.

Os laços afetivos que unem a ilha de Santa Catarina ao mundo luso ratificam o sentimento que cresce na medida que se aprofunda esta investigação, Olivença é portuguesa com certeza.

Notas

¹ Aparentemente as tropas reais de Afonso IX, de Castela, associados a Ordem dos Templários aí se assentaram em meados do século XIII em função dos avanços e retrocessos da fronteira hispano-muçulmana. A documentação histórica presente no arquivo da Catedral de Badajoz não deixa dúvidas quanto a origem Templário da aldeia de Olivença.

² La historia de España, desde luego, no se puede escribir sin la de América. Como no se puede escribir la historia de Portugal sin la de Brasil. Especialmente durante la tormenta napoleónica, las claves de la política exterior, tanto de España como de Portugal, están en América. Ora eso tan absurdo es que le reprochemos a Godoy su servil alianza con Francia, como reprocharle a Portugal su servilismo ante Inglaterra. Inglaterra era la única potencia que podía garantizar a Portugal el eje vital de sus comunicaciones atlánticas. Y Francia, por su parte, era la única potencia que

podía garantizar a España la integridad de su imperio. La disyuntiva para Portugal y España era la misma “escoger entre dos azotes”. América, por lo tanto, explica Europa. De la misma manera que Europa explica América. (Ruiz 2007).

³ É importante lembrar que até o século XVIII o nome Espanha (derivativo do Império Romano Hispania) era designativo de toda a península Ibérica que se compunha de uma série de reinos, a Espanha como país só será unificada durante o período iluminista, sendo que em 1812 se adota o nome As Espanhas, e em 1876 pela primeira vez o nome Espanha. Até então os reinos que compunham a península ibérica eram jurídica e politicamente independentes sob uma mesma monarquia, a associação entre os mesmos se dava por herança, união dinástica ou por conquista, forma de governo conhecida como *aeque principaliter*.

Referências

Acruche, H. F. (2014) Entre a lei e a prática: comércio de escravos e soberania dos Estados ibéricos no Rio da Prata colonial. *Angelus Novus*, V(7), p. 67-88. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ran/article/view/97816>. [Consultado em: 24 de junho de 2020].

Albuquerque, L. (1989) *Tratado de Tordesilhas e outros documentos*. Lisboa, Publicações Alfa.

Azevedo, J. L. (1912) *O Marques de Pombal e sua época*. Porto, Renascença Portuguesa.

Boxer, C. R. (1969) *A idade de ouro do Brasil: dores de crescimento de uma sociedade colonial*. São Paulo, Cia. Ed. Nacional.

Cabral, O. R. (1972) *As defesas da ilha de Santa Catarina no Brasil-colônia*. Rio de Janeiro, Conselho Federal de Cultura.

- Ceballos, R. (2008) *Arribadas Portuguesas: A participação luso-brasileira na constituição social de Buenos Aires (1580-1560)*. Tese de Doutorado não publicada, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.
- Floripendio (2010) *Florianópolis Antigo*. Disponível em: <http://floripendio.blogspot.com/2010/05/florianopolis-antigo.html>. [Consultado em: 24 de junho de 2020].
- Goes Filho, S.S. *Fronteras Gauchas: diplomacia e poder* (2004) *Encuentros: Revista luso espanhola de investigadores em Ciências Humanas y Sociales*. Olivença, 4, 43.
- Matos Sequeira, G. A. e Rocha Junior (1924) *Olivença*. Lisboa, Portugalia.
- Pauli, E. (1978) *A fundação de Florianópolis*. Florianópolis, Edeme.
- Pizarro Gomez, F. J. (coord.) (2005) *Paisajes Urbanos de Extremadura 2*. Mérida, Junta de Extremadura.
- Marques, J. (1996) A influência das bulas papais na documentação medieval portuguesa. *História: revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto*. 13, 25-62.
- Ribeiro, D. (1999) *O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil*. São Paulo, Cia das Letras.
- Ruiz, J. M., Ruiz e J. P., Bilbao, F.S. (2007) *Estado y territorio em Espana, 1820-1930: La formacion del paisaje nacional*. Madrid, Los Libros de la Catarata.
- Sanchez Garcia, R. M. e Limpo Piriz, L. A. (1994) *El enclave de Olivenza y sus murallas (1230-1640)*. Cáceres, Universidad de Extremadura-Ayuntamiento de Olivenza.
- Santos, M., Souza, M. A. e Silveira, M. L. (1994) *Território: globalização e fragmentação*. São Paulo, Hucitec.
- Soja, E. (1993) *Geografías pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica*. Rio de Janeiro, Zahar.
- Vallecilo Teodoro, M.A. (1999) *Olivenza en su historia*. Badajoz, edición del autor.
- Laboratório Nacional de Computação Científica (s.d.) *Tratado anulatório – Pardo*. Disponível em: <http://www.info.incc.br/pardo.html>. [Consultado em: 26 junho 2019].
- Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina (s.d.) *Fototeca*. Disponível em: <https://www.ihgsc.org/fototeca>. [Consultado em: 26 junho 2019].

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Border issues: Florianópolis and Olivença, two sides of the same coin

Abstract. *To identify in the cities of Olivenza (Spain) and in the city of Florianópolis (Brazil), marks of the dispute between Portuguese and Castilians to mark Iberian borders or for the control of America's southern Atlantic south coast is the first objective of this article. These cities will be bargaining chips in Treaties in one of the many attempts to resolve these conflicts. The urban defense structures built in both spaces in the middle of the XVIII century marked the territory. The intended reconstruction seeks in the current urban space of Florianópolis and Olivença the signs that denounce the struggle between Iberians in the urge to satisfy their needs and desires. The Portuguese borders most threatened by invasions, in this period, are the southern border of the colony Brazil and the southeastern Iberian border on the bank of the River Guadiana. The enemy was the same in both cases: the Castilians. Thus, in the first half of the 18th century, military reinforcement in these two frontiers, which were so physically distant, yet so close in their vulnerability, was a constant. To state that Santa Catarina Island and the Iberian region where Olivença is located have no physical, geographical or social resemblance is to state the obvious. But we can reflect on the materiality arising from historical episodes.*

Keywords. *borders, defensive architecture, territory, urban evolution*

Editores responsáveis pela submissão: Júlio Celso Borello Vargas.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.



Avaliação de vizinhança LEED e análise microclimática: um estudo de caso da morfologia urbana do Porto Maravilha, RJ, Brasil

Amanda Martins Marques da Silva^a , Gisele Silva Barbosa^b  e Patricia Regina Chaves Drach^c 

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: amanda.marques@poli.ufrj.br

^b Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, RJ / Campus Macaé, Engenharia Civil, Macaé, RJ, Brasil. E-mail: giselebarbosa@poli.ufrj.br

^c Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Urbanismo / Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Escola Superior de Desenho Industrial, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Petrópolis, RJ, Brasil. E-mail: patricia.drach@gmail.com

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.91>

Submetido em 09 de setembro de 2019. Aceito em 08 de maio de 2020.

Resumo. Nos últimos anos a região portuária do Rio de Janeiro recebeu um grande projeto de revitalização, denominado Projeto Porto Maravilha, que previa a alteração morfológica e o adensamento de alguns setores da região. O presente estudo teve como objetivo analisar os possíveis impactos das mudanças na legislação da área denominada Setor C, bem como sua correlação com a morfologia urbana. Inicialmente foram elaborados mapas para análise de duas situações, a primeira a partir dos parâmetros urbanísticos vigentes até 2009 e a segunda considerando os parâmetros descritos na nova legislação para a região, definida pela Lei Complementar 101/2009. Foram realizadas simulações computacionais utilizando as formas urbanas resultantes das legislações avaliadas. A comparação dos resultados obtidos permitiu a análise da forma urbana e da tipologia das edificações. A partir desta análise foram sugeridos novos parâmetros urbanísticos simulando uma situação hipotética tendo como base os requisitos do sistema LEED-Neighborhood, respeitando o ideal de adensamento da região, mas adotando uma nova morfologia urbana pautada por critérios de urbanismo sustentável. Os mapas gerados foram simulados e comparados aos mapas anteriores. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que as alterações morfológicas desenvolvidas nos projetos urbanos simulados influenciariam o microclima da região estudada.

Palavras-chave. morfologia urbana, certificações ambientais, planejamento urbano, microclima urbano, Porto Maravilha.

Introdução

A globalização, a evolução tecnológica e a necessidade recorrente das cidades globais de expandirem seus portos, provocaram uma fuga dos mesmos dos centros urbanos, e conseqüentemente, um esvaziamento das zonas portuárias centrais gerando ociosidade em sua região de implantação. Seguiu-se então, uma tendência do planejamento

estratégico de cidades, que visa dar novos usos às áreas degradadas das zonas portuárias, através de projetos de parcerias público-privadas, que pretendem inserir as cidades na competição global por atração de investimentos do capital externo mundial, a exemplo dos Docklands em Londres, de Baltimore, nos EUA e de Barcelona, na Espanha (Ferreira, 2013).

A cidade do Rio de Janeiro passou por diversas alterações urbanas impulsionadas por eventos como a Copa do Mundo (2014) e principalmente as Olimpíadas de 2016 realizada na cidade.

Nesse contexto, foi apresentado pela Prefeitura do Rio de Janeiro o projeto Porto Maravilha, uma proposta de revitalização da zona portuária da cidade, promovendo novos usos, especialmente os usos residenciais, comerciais e de serviços (Sinergia, 2013).

Grande parte das alterações foram possíveis devido alterações em parte da legislação urbana da região implementada através da Lei Complementar nº. 101, de 23 de novembro de 2009 (LC 101/2009), permitindo gabaritos maiores e possibilitando o aumento do potencial construtivo (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009).

A alteração da morfologia urbana da área pode ser apontada como ponto marcante, com a criação de novas vias e alteração do zoneamento e dos parâmetros urbanísticos.

Apesar de ter sido realizado um Estudo de Impacto de Vizinhança (CDURP, 2010), que contemplava análises sobre uso e ocupação do solo, não foi contemplado a análise acerca dos impactos da densificação desta região.

Durante as últimas décadas, o conceito de compactação urbana vem sendo difundido como uma boa prática para projetos urbanos sustentáveis (Rogers e Gumuchdjian, 2001; Ascher, 2010; Newman e Jennings, 2008). No entanto, observa-se que o padrão de compactidade nos países tropicais deve ser diferenciado, pois este pode influenciar na formação de ilhas de calor e na alteração do microclima, além de interferir diretamente na utilização dos espaços urbanos (Barbosa et al., 2019).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi comparar as possíveis alterações microclimáticas em distintos cenários morfológicos (hipotéticos) resultantes de diferentes legislações para a região.

Desta forma, foram considerados três cenários para a realização de simulações computacionais. O primeiro cenário corresponde à legislação anterior ao projeto Porto Maravilha definido pelos parâmetros urbanísticos dos Decretos 322/1976 e 7351/1988. O segundo cenário (hipotético) foi proposto a partir dos parâmetros da legislação urbana alterada através da LC

101/2009. Por fim, foi proposto um terceiro cenário no intuito de verificar uma nova possibilidade para a ocupação do solo daquela região, pautado por critérios de sustentabilidade do Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development (LEED-ND), o LEED para Desenvolvimento de Bairros. Este último cenário foi denominado como Sistema para Adensamento Sustentável - SAS e simula uma proposta de alteração na legislação vigente a fim de verificar os benefícios de uma forma urbana que visa a melhoria da qualidade de vida.

Tal cenário recebeu destaque neste artigo, pois foi proposto a partir de um estudo detalhado das proposições do LEED-ND para a elaboração de um projeto (Marques da Silva, 2018)¹ que teve como intuito apresentar parâmetros para alterações na legislação visando o urbano sustentável e bioclimático. Essa proposição buscou manter a densidade populacional esperada com a LC 101/2009, porém com alterações urbanísticas voltadas para princípios de sustentabilidade urbana.

Para o estudo, foram consideradas diversas variáveis morfológicas, como a dimensão das quadras, a abertura das vias, o posicionamento e gabarito das edificações, as taxas de ocupação, a vegetação, entre outros. Levanta-se a questão de que as alterações na morfologia urbana assim como na tipologia podem influenciar o microclima através de mudanças na dinâmica dos ventos, bloqueando ou criando novos caminhos e na penetração da radiação solar; através das alterações dos materiais aumentando ou diminuindo a reflexão da radiação; através das intervenções das diferentes sombras tanto das edificações quanto das vegetações; além de muitas outras interferências que podem alterar o conforto ambiental.

São muitos os estudos que apontam que o conforto ambiental influencia diretamente na qualidade de vida (Corbella e Yannas, 2011; Knez e Thorsson, 2006; Lamberts et al., 2014). Emmanuel et al. (2015), por exemplo, em seus estudos para a cidade de Glasgow, apontaram que a introdução de áreas verdes podem desempenhar um papel fundamental para lidar com o aquecimento urbano presente nas regiões mais urbanizadas.

Para o desenvolvimento da comparação entre os três cenários, foi utilizada a ferramenta

computacional ENVI-met 3.1 (Bruse, 2009). Esta ferramenta trabalha com modelos tridimensionais que simulam o microclima urbano, por meio das interações entre superfície-vegetação-atmosfera. Efetua o cálculo do balanço de energia envolvendo as variáveis: temperatura, umidade, fluxo do ar, radiação solar, reflexão e sombreamento de edifícios e vegetação, turbulência local e sua taxa de dissipação e as trocas de água e calor dentro do solo.

Além das alterações climáticas também podem ser destacadas nos resultados as possíveis melhorias urbanas com a proposição de um cenário baseado no LEED-ND.

Área de estudo: o projeto Porto Maravilha

A Zona Portuária, localizada na área Central da Cidade do Rio de Janeiro, Brasil, conforme Figura 1. Foi criada a partir de um aterro que modificou a linha da costa com o intuito de viabilizar a construção do Porto.

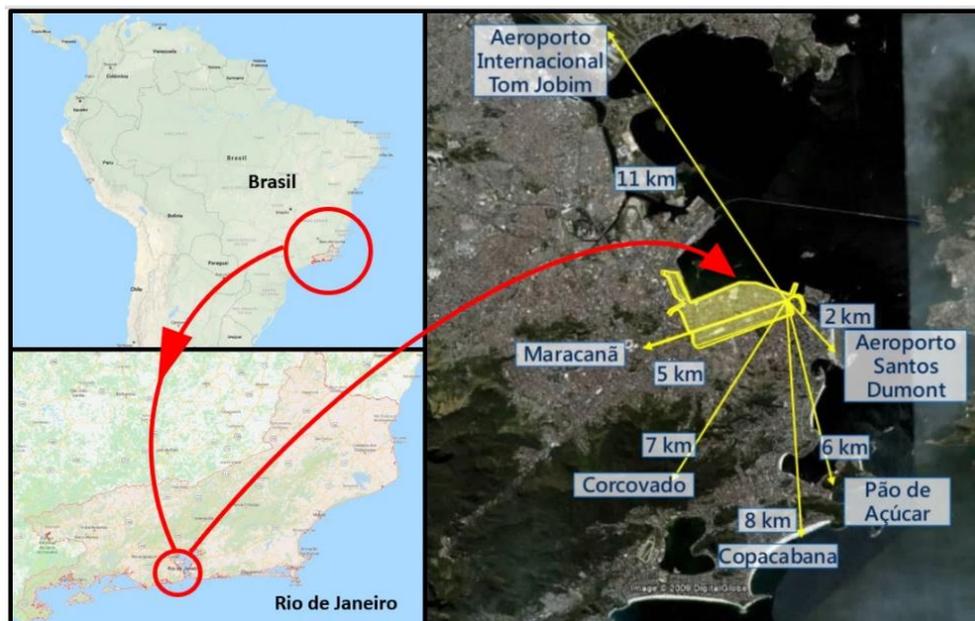


Figura 1. Localização do Porto Maravilha (fonte: adaptado de CDURP, 2017).

Com a evolução das técnicas das operações portuárias, o trecho do porto entre a Praça Mauá e a Avenida Francisco Bicalho foi se tornando obsoleto. Assim, uma grande área que outrora servia como área de apoio às operações portuárias, de caráter essencialmente industrial, tornou-se ociosa, formando vazios urbanos e deixando edificações subutilizadas ou abandonadas. Para recuperá-las para a cidade, foi concebido um plano de revitalização para a área, de forma a transformá-la num novo vetor de crescimento da cidade. Assim foi criada a Operação Urbana Consorciada - OUC da Área de Especial Interesse Urbanístico - AEIU da Região Portuária do Rio de Janeiro através da LC 101/2009. Sua finalidade era promover a reestruturação local, por meio da ampliação, articulação e requalificação dos espaços públicos da região, visando à melhoria da qualidade de vida de seus atuais e futuros moradores e à

sustentabilidade ambiental e socioeconômica da área (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009).

Para este plano foi considerada uma área de intervenção de aproximadamente 5 milhões de metros quadrados, próxima a grandes eixos de circulação e à área central da cidade.

As obras foram divididas em duas fases. E contemplavam tanto ações de melhoria de serviços, como coleta de lixo e construção de novas redes de água e esgoto, como obras de mobilidade e urbanização. Foram construídos túneis, abertas avenidas, reurbanizadas áreas de favela (em parte), entre outras obras.

A LC 101/2009 institui também os certificados de potencial adicional de construção (CEPAC), que se revelam como meios de pagamento de outorga onerosa do direito adicional de construção² para os imóveis contidos no perímetro da OUC.

A Figura 2 representa as áreas que poderão receber os potenciais adicionais de

construção que podem aumentar significativamente a área construída e a verticalização da região.

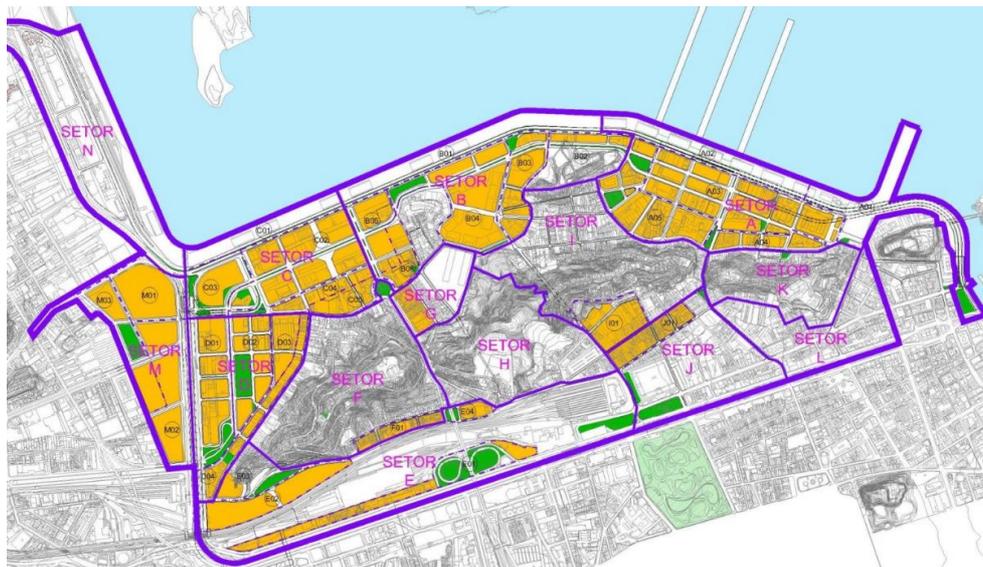


Figura 2. Áreas com previsão adicional de construção (fonte: Marques da Silva, 2018).

A OUC da Região do Porto do Rio de Janeiro visava transformar a região da zona portuária em uma área dinâmica que fosse uma nova referência de planejamento urbano para a cidade. Através da reformulação do desenho urbano e a implantação de novos estabelecimentos comerciais e residenciais na região portuária esperava-se o desenvolvimento econômico e social conciliado à melhoria da qualidade ambiental do local.

Porém, o presente estudo destaca que a nova legislação privilegiou o adensamento e a verticalização da região sem considerar questões importantes para a qualidade urbana como a escala do pedestre (Gehl, 2013), as possíveis alterações microclimáticas em um país tropical (Barbosa et al., 2019), a possível gentrificação (Souza, 2015), entre outras.

Morfologia urbana e projetos urbanos sustentáveis e bioclimáticos

De acordo com Lamas (2016), a morfologia urbana é o estudo da forma do meio urbano nas suas partes físicas exteriores, ou elementos morfológicos, e na sua produção e transformação no tempo. Ou seja, é através dela que pode ser compreendido como a forma urbana pode afetar a sustentabilidade das cidades e a qualidade de vida dos indivíduos.

Ao estudar a morfologia urbana, pode-se considerar os níveis ou momentos de

produção do espaço urbano, pois cada região, bairro ou rua possui características únicas que requerem uma análise minuciosa a fim de evitar a generalização dos resultados.

Porém, o modelo de desenvolvimento urbano adotado desde a revolução industrial bem como seus impactos ambientais têm causado inúmeras discussões. Quanto mais as cidades se desenvolvem, mais complexas se tornam as soluções para estes impactos (MMA, 2015).

Os processos de planejamentos das últimas décadas se debruçam em questões de forma urbana, principalmente em função do desenvolvimento urbano sustentável, visto que as cidades são as maiores consumidoras de recursos naturais e também as maiores produtoras de poluição e resíduos.

A partir desta discussão surgem diversas correntes de planejamento, como os modelos de cidade compacta, concentração descentralizada, regiões de crescimento, subúrbios dispersos, entre outros. Neste contexto, uma nova corrente de planejamento se destacou: o New Urbanism, criado na segunda metade da década de 80, nos EUA (Oliveira, 2011). Esse grupo apontava a importância do bairro compacto e misto, além do uso compartilhado de espaços públicos dinâmicos e projetos arquitetônicos que preservassem a história da região e fossem integrados ao seu entorno.

Nas últimas décadas, o conceito de sustentabilidade urbana trouxe novas discussões acerca da ocupação do solo e suas interligações com o meio ambiente e a sociedade. O conceito é bastante amplo e sua definição é embasada pela busca do equilíbrio econômico, social e ambiental. A percepção da escassez de recursos torna possível promover a consciência da necessidade de alteração de modo de vida para garantir a existência humana e a diminuição do impacto ambiental.

Nesse contexto, surgem inúmeros projetos e planejamentos com princípios sustentáveis na tentativa de resolver ou ao menos neutralizar os diversos problemas que podem surgir no meio urbano.

Desta forma, destaca-se neste artigo a importância do enfoque em projetos bioclimáticos que visam a redução do consumo energético e o uso consciente dos recursos disponíveis (Higuera, 2006). É possível, por exemplo, encontrar nos espaços urbanos ruas com temperaturas mais altas ou mais baixas em relação a outras, com pouco nível de iluminação ou elevadas correntes de ar proporcionadas pela sua localização em relação à construção do seu entorno.

Segundo Lamberts et al. (2014), o estudo do clima e do local pode fornecer informações importantes ao programa de necessidades de um projeto. Um bom projeto de arquitetura ou urbanismo deve atender às necessidades do usuário bem como responder aos níveis de conforto ambiental e eficiência energética. Desta forma, é necessário o estudo do clima do local, uma vez que as variações climáticas terão influência na qualidade de vida dos usuários (Kruger et al., 2017).

Uma morfologia urbana adequada às características locais contribui para o menor gasto energético e a melhoria do conforto ambiental. Desta forma, a busca por projetos urbanos sustentáveis deve considerar o microclima e suas variáveis, como: proximidade de água, altitude, topografia, correntes oceânicas, etc (Lamberts et al., 2014).

Nos resultados das pesquisas de Knez e Thorsson (2006) foi demonstrado que aspectos socioculturais são capazes de impactar a avaliação perceptiva de um mesmo espaço ao ar livre, não sendo, portanto, esta percepção determinada exclusivamente por modelos de balanço de

calor baseados em fisiologia. Os experimentos de Vigier et al. (2015) apontam para o fato de que visualizar céu, sol, sombras e efeitos de luz desempenha um papel importante na percepção térmica do usuário dos espaços.

Krüger et al. (2017) a partir de estudos com coleta de dados em campo e aplicação de questionários em áreas tropicais quentes e úmidas similares observaram que os usuários de áreas de pedestres urbanas sem sombra e mais abertas (altos valores de SVF), sob condições extremas de estresse térmico, terão que lidar com respostas fisiológicas. O segundo fato observado é que a tolerância nestes indivíduos apresenta uma relação com os aspectos relacionados ao contexto físico destas áreas, podendo exacerbar ou reduzir desconforto térmico.

Assim, quando se discute conforto ambiental e qualidade de vida relacionados a um determinado bairro, deve-se pensar na proposição de áreas de lazer, espaços arborizados, acessibilidade, segurança, oferta de comércio e tudo o que possa atender a comunidade local, de modo a evitar deslocamentos desnecessários e contribuir para a redução do consumo energético³.

Certificação ambiental – LEED

No âmbito mercadológico, para atestar que determinado empreendimento ou projeto foi elaborado, projetado, construído e operado de acordo com determinados princípios de sustentabilidade, surgiram diversos tipos de certificações ambientais. Entre as certificações mais importantes e utilizadas no Brasil, pode-se citar a certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED).

Estas certificações são fornecidas por empresas privadas e consistem na declaração efetuada, de que um produto, processo ou sistema está em conformidade com requisitos especificados (Zangalli Jr., 2013).

O LEED é um sistema de classificação que avalia a sustentabilidade de um empreendimento. Através do seu processo é possível classificar o quanto um empreendimento é sustentável. Além do bom retorno financeiro que um empreendimento certificado pode ter, também há ganhos sociais e ecológicos (GBC Brasil, 2018).

Os projetos são analisados por sete dimensões e todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que à medida que são atendidos garantem pontos à edificação (GBC Brasil, 2018).

A Figura 3 apresenta algumas das tipologias de certificação LEED sendo cada uma delas específica para determinada finalidade.



Figura 3. Tipologia das Certificações (fonte: GBC Brasil, 2018).

O nível de certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos.

Dentre as certificações LEED, destaca-se para este trabalho a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design*, na tipologia *Neighborhood* (LEED-ND) — traduzido para o português, "Desenvolvimento de Bairros", por ser considerado um dos mais utilizados no Brasil. Ela serviu como parâmetro para a comparação dos resultados e para a proposição de uma nova legislação para a área do Porto neste artigo. Optou-se por utilizar a certificação LEED-ND, pois é uma das mais completas e utilizadas internacionalmente, além de permitir replicação em outros projetos. Sabe-se que não contempla todos os critérios urbanísticos sustentáveis e falha, principalmente, em questões referentes à equidade social (Ameen et al., 2015), tão importante para um projeto sustentável. Porém, a certificação parece se adequar em diversos critérios, principalmente referente aos parâmetros bioclimáticos.

O sistema LEED para desenvolvimento de bairros é projetado para certificar projetos que tenham bom desempenho em termos de crescimento inteligente, urbanismo e construção verde. Podem ser aplicados em bairros inteiros, partes de bairros ou vários bairros. No entanto, sugere-se que o tamanho mínimo seja de pelo menos dois edifícios habitáveis e o máximo um total de aproximadamente 1,30 km² (USGBC, CNU e NRDC, 2011).

Este sistema também tem o objetivo de promover o redesenvolvimento de áreas

industriais antigas em bairros revitalizados, de forma a promover a integração de pequenas vias tranquilas de interior de bairro à conexões para outros locais e a manutenção de construções e estruturas históricas que fornecerão um senso único de lugar (USGBC, CNU e NRDC, 2011).

O sistema LEED-ND foi projetado a partir de pesquisas sobre as origens do desenho dos bairros e o estudo de práticas atuais. O US Green Building Council (USGBC), o Congresso para o Novo Urbanismo (CNU) e o Natural Resources Defense Council (NRDC) se uniram para desenvolver um sistema de classificação para o planejamento e desenvolvimento da vizinhança com base nos princípios combinados de Smart Growth (crescimento inteligente), New Urbanism (Novo Urbanismo) e infraestrutura e construção verdes. O trabalho do comitê central do LEED-ND, foi orientado por fontes como os dez princípios de crescimento inteligente da Smart Growth Network, a carta do Congresso para o New Urbanism e outros sistemas de classificação LEED (USGBC, CNU e NRDC, 2011).

Os pré-requisitos e créditos do sistema de classificação foram escritos para incentivar um desenvolvimento baseado nos bairros tradicionais que promovam as melhores práticas no desenvolvimento urbano (USGBC, CNU e NRDC, 2011).

As métricas de um bairro variam em densidade, população, usos, tipologia das habitações, costumes, crenças, economias, microclimas, etc (USGBC, CNU e NRDC, 2011).

O LEED-ND é dividido em cinco grandes categorias. A primeira categoria *Smart location and linkage* (SSL) — Localização inteligente e conexões – diz respeito à localização do projeto e suas conexões.

A segunda categoria *Neighborhood Pattern & Design* (NPD) — Padrão e Desenho de Bairro – é referente ao projeto de implantação do bairro e sua forma de desenvolvimento.

A terceira categoria *Green Infrastructure & Buildings* (GIB) — Infraestrutura Verde e Edificações – está relacionada aos requisitos de sustentabilidade das edificações que irão compor o bairro e como tais edificações deverão ser projetadas, construídas e operadas.

A quarta categoria *Innovation & Design Process* (IDP) — Inovação e Processo de Projeto – visa incentivar o processo de inovação durante o projeto e construção do empreendimento e o alcance de performance exemplar em algum dos requisitos disponíveis nas categorias já mencionadas. Incentiva também a participação de um profissional acreditado pelo USGBC de forma a melhorar o processo de certificação do empreendimento.

E finalmente a quinta e última categoria *Regional Priority Credits* (RPC) — Créditos de Prioridade Regionais – intenciona fomentar a realização de atividades que tenham importância no contexto do empreendimento de acordo com as especificidades ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.

Materiais e Métodos

Procedimentos metodológicos das simulações

A pesquisa se concentra na simulação do ambiente denominado como Setor C. A escolha desta área foi definida em função das características da região e dos parâmetros adotados pela LC 101/2009. O Setor C se encontra entre a Baía da Guanabara, que pode propiciar uma boa ventilação para o interior da área, e o Morro da Providência, que pode funcionar como uma barreira natural a essa ventilação, fazendo com que o calor se acumule no interior deste setor. Além disso, este é um dos setores que mais admitem o uso dos CEPAC's, conforme demonstrado na Figura 4.

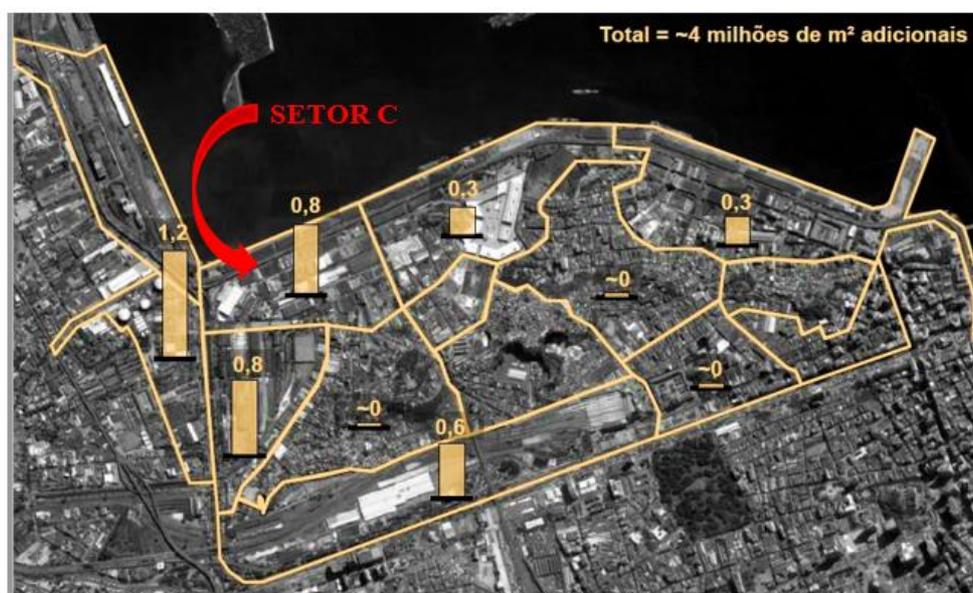


Figura 4. Potencial construtivo adicional a ser convertido em CEPAC's (fonte: adaptado de CDURP, 2017).

Foi realizada uma análise comparativa entre três cenários, sendo o primeiro simulado a partir dos parâmetros urbanísticos vigentes até 2009 (Decretos 322/1976 e 7351/1988), o segundo cenário considerando os parâmetros descritos na nova legislação urbanística para a região definida pela LC 101/2009 e o terceiro cenário corresponde a proposição de Marques da Silva (2018) baseada nos critérios do LEED-ND. Esse último cenário respeitou o ideal de adensamento da região e propôs uma nova morfologia urbana com tipologias mais baixas e alterações na ocupação do solo, buscando uma melhoria dos padrões de qualidade ambiental para a área, pautada por critérios de urbanismo

sustentável. Tal proposta foi denominada SAS (Sistema de Adensamento Sustentável).

Foram gerados mapas com as formas urbanas resultantes das legislações avaliadas que serviram de base para a realização das simulações computacionais, com o uso do software ENVI-met e análises gráficas, qualitativas e quantitativas no intuito de verificar possíveis alterações microclimáticas a partir das modificações morfológicas. Através dos resultados obtidos, comparados entre si, foi possível analisar as alterações microclimáticas entre as diferentes formas urbanas.

Destaca-se que os três cenários são projetos simplificados e não detalhados, e que têm como intuito embasar a análise morfológica. Desta forma, o foco não foi dado ao detalhamento e definições projetuais, mas sim às análises das alterações microclimáticas observadas nas simulações computacionais.

Critérios para base de dados

Para a definição do mapa do primeiro cenário, de acordo com os parâmetros urbanísticos definidos pelo Decreto 322/1976 (Figura 5), os arquivos consultados foram obtidos por meio de pesquisas documentais

das legislações vigentes, em levantamentos fotográficos de arquivos pessoais e históricos da região, em levantamentos “in loco” da área construída e através das plantas cadastrais do Município do Rio de Janeiro fornecidas pelo Instituto Pereira Passos (IPP).

O segundo mapa (Figura 6), desenvolvido com base nos parâmetros definidos pela LC 101/2009, é uma morfologia hipotética proposta pelos autores aproveitando ao máximo as possibilidades da nova lei. As alterações do traçado viário seguiram as alterações reais feitas no projeto do Porto Maravilha.



Figura 5. Levantamento da ocupação do Setor C em 2011 - Decreto 322/1976 (fonte: Marques da Silva, 2018).



Figura 6. Ocupação do Setor C simulada com base na LC 101/09 (fonte: Marques da Silva, 2018).

A Figura 7 ilustra as principais alterações morfológicas na área de estudo propostas pela LC 101/2009 em comparação à

legislação vigente à época. Foi proposta a abertura de vias, divisão de quadras e a inclusão de áreas permeáveis.



Figura 7. Alterações morfológicas - Decreto 322/76 x LC 101/09 (fonte: Marques da Silva, 2018).

Metodologia da proposta de alteração da legislação a partir dos critérios LEED-ND

Para a definição da morfologia do terceiro cenário (Sistema de Adensamento Sustentável) baseado nos parâmetros do LEED-ND, foram consideradas as cinco categorias definidas pela certificação já apresentadas anteriormente no artigo, além de outros critérios de urbanismo sustentável como os oito princípios do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – DOTS (WRI Brasil, 2015)⁴.

Segundo o projeto Porto Maravilha (CDURP, 2017) os Padrões de Sustentabilidade para novas edificações na área do projeto devem atender, dentre outros, os seguintes requisitos:

- Parâmetros específicos de afastamento e recuo / ventilação e iluminação natural;
- Economia de consumo e reaproveitamento de água;
- Economia e/ou geração local de energias limpas / telhados verdes;
- Uso de materiais com certificação ambiental;
- Facilitação de acesso e uso de bicicletas.

Porém, apesar do Projeto do Porto prever benfeitorias com viés ecológico, a LC 101/2009 define parâmetros urbanísticos que contribuem para uma região caracterizada por edificações com até 50 pavimentos, com implantação espaçada e muitas áreas ociosas entre as mesmas. Desta forma, sugere-se que esse ‘padrão’ urbano resultante da revitalização não é sustentável. Observa-se que a forma urbana a ser gerada pela ocupação imobiliária pautada pelos parâmetros da LC 101/2009, possivelmente, trará ineficiência para a região e uma baixa vitalidade urbana.

Já o terceiro cenário (SAS) se propôs a verificar novos parâmetros urbanísticos definidos a partir de critérios sugeridos pela certificação LEED-ND visando um melhor aproveitamento da área na ótica do usuário e mantendo os indicativos ecológicos já estabelecidos pelo projeto do Porto Maravilha citados anteriormente.

Destaca-se que a proposição não se pautou apenas na busca por melhorias microclimáticas. Apesar deste estudo se basear na análise prioritariamente microclimática, sugere-se que o projeto urbano sustentável e bioclimático é muito

mais complexo e deve considerar diversos parâmetros como a mobilidade, o uso misto, a infraestrutura verde, a busca por equidade, entre outros. Desta forma, as alterações morfológicas propostas consideraram critérios que não dizem respeito exclusivamente ao microclima, mas que contribuem para a melhoria da qualidade de vida de habitantes e usuários.

Para a elaboração da metodologia foram analisados os requisitos da ferramenta LEED-ND em comparação aos padrões de sustentabilidade para novas edificações sugeridas pelo Projeto Porto Maravilha. Os parâmetros a seguir foram considerados de maior relevância para utilização na metodologia proposta:

- Rede e Infraestrutura cicloviária;
- Vias para pedestre;
- Desenvolvimento compacto;
- Diversidade de usos em centros de bairros;
- Ruas arborizadas;
- Edifícios certificados;
- Eficiência energética mínima nas edificações;
- Eficiência hídrica mínima nas edificações;
- Prevenção da poluição na atividade da construção;
- Gestão de águas pluviais;
- Redução de ilhas de calor;
- Gerenciamento de resíduos sólidos.

Salienta-se que o projeto resultante é uma das diversas possibilidades baseadas em tais critérios da legislação proposta. A nova morfologia (SAS) será apresentada na Figura 15 nos resultados deste artigo ⁵.

Metodologia para simulação do microclima urbano

Para a simulação do microclima da região a partir das três formas de ocupação do solo foi utilizado o software ENVI-met, na versão 3.1. Este software foi desenvolvido pelo geógrafo Michael Bruse da Universidade de Bochum, na Alemanha e é um software livre.

O ENVI-met é um modelo tridimensional que simula o microclima urbano. É capaz de simular interações entre superfície, vegetação e atmosfera, calculando o balanço de energia por meio de diversas variáveis. O modelo se baseia nos princípios da mecânica dos fluidos e nas leis fundamentais da termodinâmica. Para simulação do microclima urbano, o

programa necessita que sejam inseridos dados climatológicos, como temperatura do ar, umidade absoluta e relativa, velocidade e direção dos ventos, além de dados referentes às superfícies a serem simuladas, como tipo de pavimentação e/ou revestimento e altura das edificações (Bruse, 2017).

A partir da planta cadastral da Cidade do Rio de Janeiro, fornecida pelo Instituto Pereira Passos (IPP), do levantamento de dados “in loco” e através dos parâmetros urbanísticos das legislações já citadas anteriormente, foram elaborados desenhos no software AutoCAD (AutoDesk), onde foram realizadas hachuras correspondentes às pavimentações, gabarito das edificações e vegetações. Essas figuras geradas no AutoCAD foram inseridas no ENVI-met, juntamente com os dados climatológicos da região, onde foram realizadas as simulações da temperatura, intensidade e velocidade da ventilação, umidade relativa, fator de visão do céu e radiação solar difusa do local. Em função de restrições existentes no software, os mapas com os dados levantados do Setor C necessitaram ser divididos em duas partes para efeito de simulação. Após as imagens geradas separadamente, as mesmas foram

editadas (unidas) para que a área fosse representada em toda a sua extensão.

Observa-se que, apesar das limitações computacionais da ferramenta, a simulação considera o entorno como constante. Isso é, onde é considerado mar, por exemplo, o programa considera que a continuidade dessa região também é mar. Se a região é simulada com um determinado padrão morfológico, o programa considera que o entorno possui características semelhantes.

O ENVI-met trabalha com uma modelagem em três dimensões onde a menor unidade é um cubo, denominado grid cell; que, lado a lado irão montar o volume em três dimensões da representação simplificada da região. Para começar a representar a área a ser modelada no programa, é necessário informar o grid a ser utilizado, isto é, determinar quantos destes cubos tem o volume em extensão de área (que deve ser quadrada ou retangular) e altura e qual o tamanho de cada um deles. O tamanho das células influencia na precisão do dado obtido visto que para modelar a área é necessário designar qual parte da morfologia urbana cada grid cell pertence. O grid utilizado neste estudo de caso é de 200 x 200 x 50, com dimensões dx e dy de 2,0 metros e dz de 2,5 metros, como mostra a Figura 8⁶.

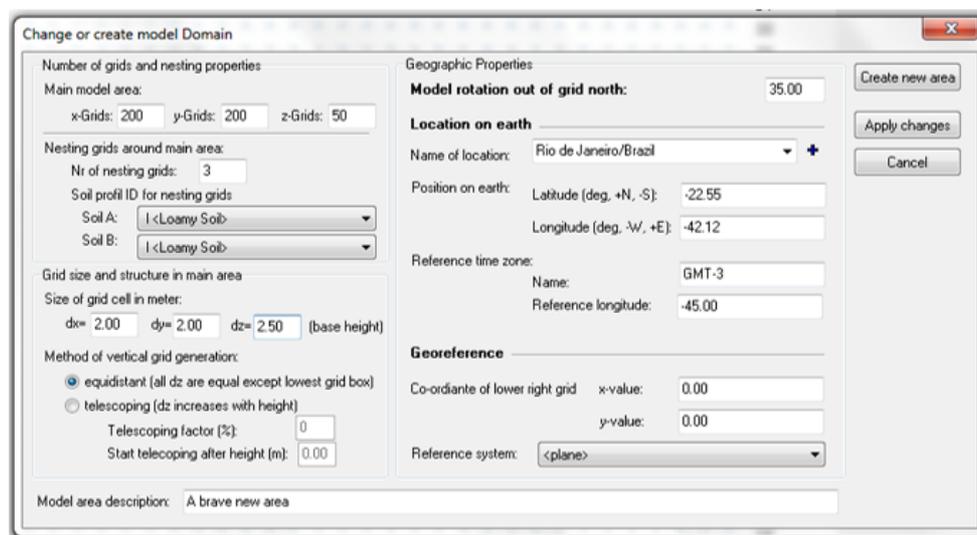


Figura 8. Dados do domínio do modelo da área de interesse (fonte: elaborada pelas autoras com auxílio de alunos bolsistas do LabUrb\POLI\UFRJ).

Em seguida, foi necessário definir os parâmetros das formas urbanas a serem representadas. Para a modelagem das árvores foi escolhido o tipo “MO” (árvore com 20m de altura, densidade média e sem coroa definida), pois é o que mais se assemelha com a vegetação encontrada na região. Para a

modelagem de edificações o software solicita apenas sua altura em metros e tipo de material. Para estimar as alturas foi feita uma pesquisa *in loco* para a primeira simulação (situação anterior ao Projeto Porto Maravilha), uma simulação de alturas e afastamentos possíveis a partir dos

parâmetros da LC 101/2009, e por fim, a simulação de alturas e afastamentos baseados nos parâmetros definidos para a ocupação da área com indicadores do LEED-ND (Marques da Silva, 2018). Para a contagem de andares de cada uma das edificações, foi contabilizado o térreo e foi assumido o pé-direito de 3 metros para cada andar.

Para a cobertura de solo, foram utilizados os modelos de asfalto para os leitos de tráfego de automóveis e cimento ou granito para os passeios e demais áreas. Ainda foram utilizados modelos de grama, água e solo exposto para representar todos os materiais encontrados na região. A Figura 9 mostra a imagem da modelagem simplificada de um dos cenários simulados no ENVI-met.

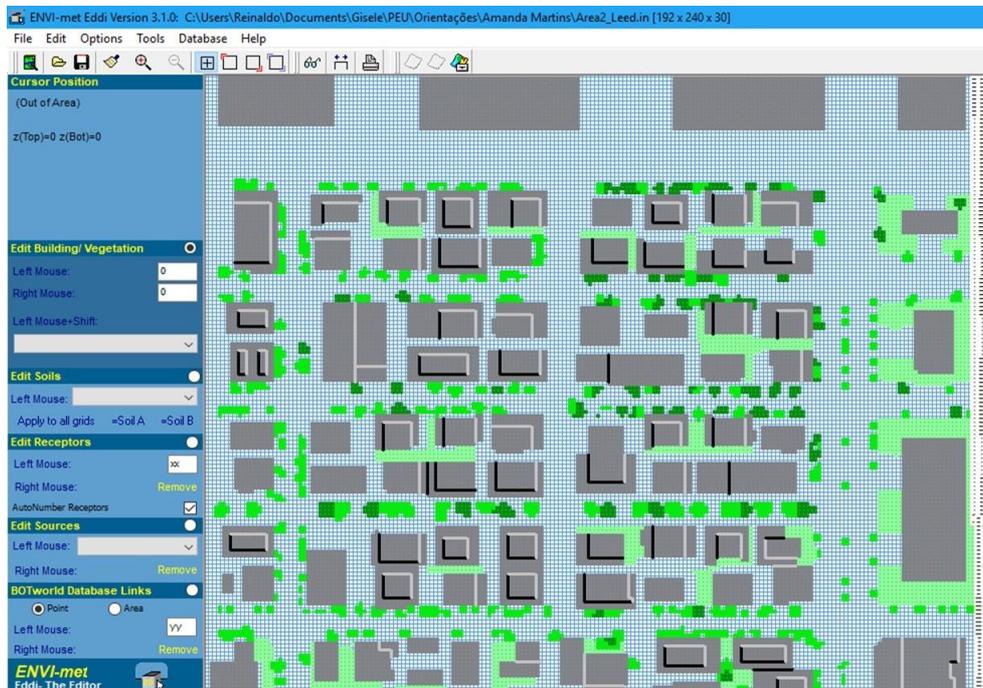


Figura 9. Feição inicial do Programa com a área escolhida (fonte: elaborada pelas autoras com auxílio de alunos bolsistas do LabUrb\POLI\UFRJ).

Para chegar a esta imagem, simplificações tiveram que ser feitas em prol não somente da pixelização da área, mas das limitações do programa.

Elaborada a área do modelo, o programa demanda configurar os dados de entrada para que possa fazer as modelagens (Figura 10).

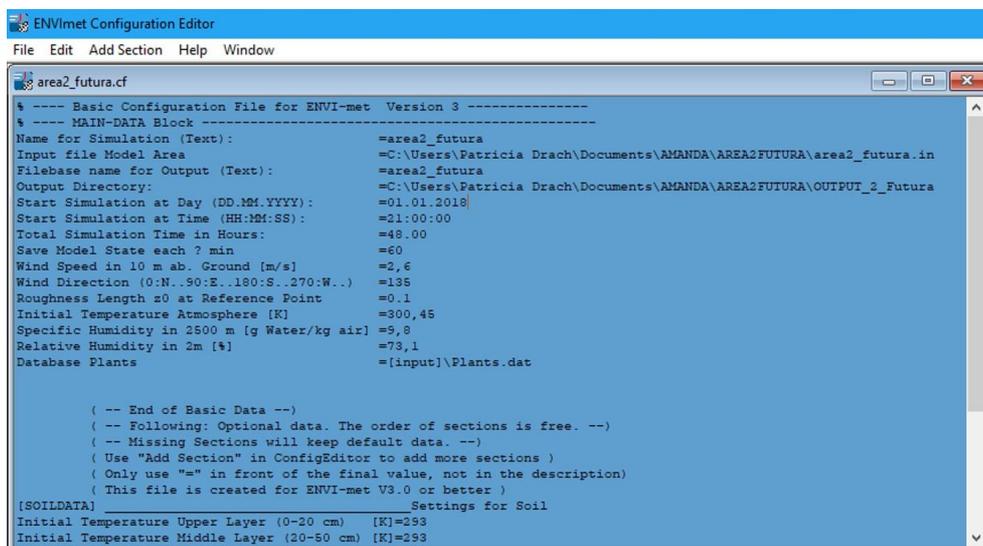


Figura 10. Dados de configuração do Programa. (fonte: elaborada pelas autoras com auxílio de alunos bolsistas do LabUrb\POLI\UFRJ).

Para a simulação do ENVI-met, foram usados dados climáticos do Aeroporto Santos Dumont. A data escolhida como referência para a simulação foi o dia 02 de janeiro de 2018 no horário de 12h-13h. Apesar do dia definido para as simulações, para a inserção dos dados climatológicos foi realizada uma média das temperaturas, umidade, direção e velocidade dos ventos do verão de 2018 (dez/2017 a fev/2018). A hora inicial da simulação foi às 13h do dia 01 de janeiro de 2018, pois o programa necessita das primeiras horas de simulação para equalização dos dados⁷. Os resultados obtidos foram os referentes às 12h do dia 02 de janeiro de 2018 para os três cenários.

Resultados

Assim como os procedimentos metodológicos, os resultados também foram subdivididos em dois tópicos, um para expor e analisar os resultados da proposta de alteração da legislação urbana local e outro

para analisar os resultados das simulações de microclima.

*Resultados da proposta de alteração da legislação urbana*⁸

Como já foi apresentado, ao analisar e entender as conformações morfológicas resultantes dos parâmetros urbanísticos da LC 101/2009, foi possível desenvolver uma proposta metodológica (SAS) para alteração destes parâmetros.

Para criar critérios para a obtenção das CEPAC's máximas, foi estabelecida uma pontuação, que foi dividida em 4 grupos. São eles: Pedestres (Figura 11), Lote (Figura 12), Edificação (Figura 13) e Construção (Figura 14). Cada grupo possui a possibilidade de acúmulo de 1,2 pontos, no entanto, é contabilizado no máximo 1 ponto. Os critérios e os valores para a pontuação podem ser observados em detalhe, nas Figuras 11, 12, 13 e 14 (Marques da Silva, 2018).

PEDESTRES – GRUPO 1	PONTUAÇÃO MÁXIMA DO GRUPO	1,00
FACILIDADES PARA PEDESTRES		
Acessos diretos ao empreendimento para cada fachada.	Uma entrada funcional a cada 30m	0,20
	Uma entrada funcional a cada 22,5m	0,30
Excluindo-se entradas de veículos.	Uma entrada funcional a cada 15m	0,40
Fachadas voltadas para um espaço público com os seguintes afastamentos.	Afastamento frontal menor ou igual a 7,5m.	0,10
	Afastamento frontal menor ou igual a 5m.	0,20
Isenção de atender os afastamentos frontais previstos na legislação.	Afastamento frontal menor ou igual a 2,5m.	0,30
	Afastamento frontal menor ou igual a 0,5m.	0,40
Manter fachadas em material translúcido ou aberta e sem grades entre as alturas de 0,90m a 2,50m de acordo com o seguinte percentual.	30% da área da fachada do piso térreo.	0,20
	60% da área da fachada do piso térreo.	0,30
	90% da área da fachada do piso térreo.	0,40

Figura 11. Proposta Metodológica SAS – Grupo 1: Pedestres (fonte: Marques da Silva, 2018).

LOTE – GRUPO 2	PONTUAÇÃO MÁXIMA DO GRUPO	1,00
FACILIDADES PARA BICICLETAS		
<p>Prover espaços para guarda de bicicletas e fornecer área de chuveiro, vestiário e armário.</p> <p>Caso a edificação possua várias entradas os bicicletários podem ser proporcionalmente divididos entre elas.</p> <p>No caso de edificações de uso misto, atender proporcionalmente aos requisitos de cada uso descrito.</p>		
Edificações residenciais	02 espaços de estacionamento para cada unidade residencial.	0,40
Edificações de varejo	01 espaço de estacionamento para cada unidade de varejo + 01 espaço de estacionamento para no mínimo 30% da ocupação flutuante planejada.	0,20
	1 chuveiro a cada 10 espaços de bicicleta – Seguir determinações da NR-24	0,20
Edificações comerciais	01 espaço de estacionamento para no mínimo 10% da ocupação fixa planejada + 01 espaço de estacionamento por cada andar para visitantes.	0,20
	1 chuveiro a cada 10 espaços de bicicleta – Seguir determinações da NR-24	0,20
CONEXÃO COM A COMUNIDADE		
<p>Projetar a edificação de forma que seja permitida a utilização pública de parte do lote no pavimento térreo.</p> <p>Permitida a supressão dos afastamentos no embasamento da edificação desde que seja projetada uma área de passagem, um parque, praça ou uma horta urbana comunitária, aberta e sem grades, para uso da população local com superfície permeável. Não estão incluídas vias para veículos e áreas de estacionamento.</p>		
Supressão dos afastamentos frontais - Máximo de 02 laterais.	Destinar 10% do lote ao uso da comunidade.	0,20
Supressão dos afastamentos frontais e um lateral - Máximo de 03 laterais.	Destinar 20% do lote ao uso da comunidade.	0,40
SOMBREAMENTO DE PASSEIOS		
<p>Fornecer sombreamento dos passeios contíguos ao lote.</p> <p>A arborização deve ser plantada na área de afastamento do lote.</p> <p>Cálculo realizado em função da estimativa de crescimento da copa das espécies arbóreas. Espécies nativas ou adaptadas.</p>		
Percentual mínimo de sombreamento dos passeios	40% dos passeios sombreados.	0,20
	60% dos passeios sombreados.	0,40

Figura 12. Proposta Metodológica SAS – Grupo 2: Lote (fonte: Marques da Silva, 2018).

EDIFICAÇÃO - GRUPO 3	PONTUAÇÃO MÁXIMA DO GRUPO	1,00
CONTROLE DE INUNDAÇÃO		
Construir sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva	Reter 75% da média pluviométrica dos últimos 10 anos.	0,15
	Reter 90% da média pluviométrica dos últimos 10 anos.	0,30
Construir e manter um percentual do piso térreo com pavimentação permeável.	20% da área do terreno.	0,10
	30% da área do terreno.	0,20
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		
Instalação de painéis solares para redução da energia elétrica utilizada nas áreas comuns da edificação.	Redução de 3% da energia elétrica das áreas comuns	0,10
	Redução de 7% da energia elétrica das áreas comuns	0,20
MICROCLIMA		
Redução das ilhas de calor – telhado. Utilizar materiais de alta refletância no telhado.	Telhado pouco inclinado (menor ou igual a 2:12) - SRI 82	0,10
	Telhado muito inclinado (maior que 2:12) - SRI 39	0,10
Redução das ilhas de calor – pavimentação. Utilizar materiais de alta refletância na pavimentação.	Utilizar materiais de pavimentação com SRI de pelo menos 33	0,10
Projetar, construir e manter um terraço jardim no topo do embasamento da edificação. Não é permitida utilização de grama artificial.	75% da área livre de cobertura do embasamento.	0,15
	90% da área livre de cobertura do embasamento.	0,3
CONSTRUÇÕES CERTIFICADAS		
Projetar e construir a edificação de acordo com pelo menos 1 das certificações ambientais listadas: Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, selo casa azul, LEED, Aqua.	Apresentar o projeto, memorial de cálculo de todos os itens e estratégias a serem seguidas para o alcance da certificação e a inscrição do empreendimento na certificação selecionada.	1,00

Figura 13. Proposta Metodológica SAS – Grupo 3: Edificação (fonte: Marques da Silva, 2018).

CONSTRUÇÃO – GRUPO 4	PONTUAÇÃO MÁXIMA DO GRUPO	1,00
PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO DURANTE A CONSTRUÇÃO		
Estabelecer e cumprir um plano com estratégias para prevenção da poluição no entorno da obra.	Apresentar plano de prevenção a poluição e relatório mensal de acompanhamento.	0,60
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS		
Estabelecer um plano com estratégias de coleta, armazenamento e disposição de resíduos (PGRCC). Prever estratégias para armazenamento temporário de resíduos que possam ser reutilizados na obra.	Desviar 50% dos resíduos dos aterros sanitários.	0,20
	Desviar 75% dos resíduos dos aterros sanitários.	0,40
	Desviar 95% dos resíduos dos aterros sanitários.	0,60

Figura 14. Proposta Metodológica SAS – Grupo 4: Construção (fonte: Marques da Silva, 2018).

Observando a Figura 13, é possível perceber, por exemplo, que no Grupo Edificação, há a possibilidade de adquirir a pontuação completa através da certificação da construção.

Para a aplicação do SAS, foram alterados os parâmetros dispostos na LC 101/2009 com o intuito de adensar mais a área e verticalizar menos, tornando o espaço mais agradável ao uso do pedestre (Gehl, 2013).

Todos os parâmetros da LC 101/2009 foram alterados, sendo que o Coeficiente de Aproveitamento Máximo da LC 101/2009 passou a chamar-se de Coeficiente de Aproveitamento de CEPAC (CAC) e um

novo Coeficiente de Aproveitamento Máximo (CAM) foi instituído, que pode ser alcançado a partir do acúmulo dos pontos previstos na metodologia proposta.

A partir da avaliação dos parâmetros urbanísticos das legislações de 1976 e 2009, bem como da avaliação dos mapas com as simulações comparativas, foi proposta uma nova regra. As Figuras 15 e 16 reproduzem os parâmetros urbanísticos anteriores, tanto do Decreto 322/1976 e Decreto 7351/1988, quanto os parâmetros da LC 101/2009. A Figura 17 apresenta os parâmetros urbanísticos propostos para a área (Metodologia SAS).

DECRETO 322/76 E 7351/88					
ZONA	LEGISLAÇÃO PERTINENTE	GABARITO m	TAXA DE OCUPAÇÃO (%)	ÍNDICE DE APROV. DO TERRENO (IAT)	AFASTAM. FRONTAL (m)
ZP	Dec. 322/76	23	70%	5	Variável
ZR-5	Dec. 7351/88	11	70%	2,1	isento

Figura 15. Parâmetros urbanísticos Decreto 322/1976 e Decreto 7351/1988 (fonte: Marques da Silva, 2018).

LEI COMPLEMENTAR 101/09

ZONA / SUBSETOR	ÁREA MÍNIMA DO LOTE (m ²)	GABAR. m / pav	TO (%)	COEF. DE APROV. BÁSICO (CAB)	COEF. DE APROV. MÁXIMO (CAM)	AFASTAM. FRONTAL (m)
ZUM / C1	2.000	11 - 3	70	2,10	2,10	7
ZUM / C2	2.000	120 - 40	50	1,00	8,00	7
ZUM / C3	2.000	150 - 50	50	1,00	12,00	7
ZR-5 / C4	2.000	60 - 20	50	1,00	4,20	7
ZR-5 / C5	1.000	11 - 3	70	1,00	2,10	isento

Figura 16. Parâmetros urbanísticos Lei Complementar 101/2009 (fonte: Marques da Silva, 2018).

METODOLOGIA SAS

ZONA / SUBSETOR	ÁREA MÍNIMA DO LOTE (m ²)	GABARITO m / pav	TO (%)	COEF. DE APROV. BÁSICO (CAB)	COEF. DE APROV. CEPAC (CAC)	COEF. DE APROV. MÁXIMO (CAM)	AFASTAM (m)	EMBASAM. h MÁXIMA (m)
ZUM / C1	2.000	11 - 3	70	2,10	2,10	2,10	7,00	-
ZUM / C2	850	48 - 16	70	1,00	4,00	8,00	5,00	12,00
ZUM / C3	1.000	60 - 20	70	1,00	8,00	12,00	5,00	12,00
ZR-5 / C4	800	36 - 12	70	1,00	3,00	7,00	5,00	9,00
ZR-5 / C5	500	12 - 4	70	1,00	1,50	2,10	isento	6,00

Figura 17. Parâmetros urbanísticos Metodologia SAS (fonte: Marques da Silva, 2018).

A partir dos parâmetros urbanísticos propostos na Figura 17 foi desenvolvido no AutoCAD o modelo com a conformação urbana definida pela nova proposta morfológica para a região - Sistema para Adensamento Sustentável - SAS, conforme Figura 18.

Destaca-se que as escolhas projetuais feitas nessa proposta são somente uma das inúmeras possibilidades de projeto. Este projeto não se debruça sobre a discussão e possibilidades projetuais. Dessa forma, se ateu a supor uma ocupação regida pela legislação proposta e observar as possíveis alterações microclimáticas em diferentes morfologias. Observa-se que as escolhas projetuais poderiam alterar os resultados.

A proposta apresentada na Figura 19 destaca a abertura de uma via de automóveis e uma via exclusiva a pedestres, de forma a diminuir o tamanho da quadra e melhorar a caminhabilidade.

Nota-se a partir do mapa (Figura 18) que uma das principais alterações morfológicas foi a possibilidade de redução do terreno. Pela LC 101/2009, os terrenos deveriam possuir um mínimo de 2.000 mil metros quadrados na Zona do Setor C. No SAS esse mínimo foi reduzido para até 850 metros quadrados, no mesmo zoneamento. Essa redução tem como

intenção possibilitar a variabilidade de dimensões de imóveis, permitindo tanto a compra por grandes empresas quanto por empreendedores com menor poder aquisitivo. Essa nova proposta de parcelamento do solo, permitiu que cada quarteirão em média, fosse parcelado em cerca de oito terrenos vendáveis, enquanto na proposta anterior essa subdivisão era de apenas três terrenos em média.

Também foi proposta a ampliação da quadra onde se encontra o Hospital do Instituto Nacional de Câncer - INCA e a alteração de seu subsetor de C2 para C3, permitindo assim o alcance de um coeficiente máximo de aproveitamento (CAM) maior, uma vez que estes lotes se encontram entre a Rodoviária Novo Rio e a descida do viaduto da Via Binário do Porto, como visto na Figura 20.

É importante salientar ainda que, na metodologia proposta foram mantidos os imóveis tombados presentes na área e um hotel, já construído de acordo com os parâmetros definidos pela LC 101/2009.

Após a definição dessa nova forma urbana proposta para a área, os três cenários foram simulados no software ENVI-met para análise comparativa dos dados em relação ao microclima local.



Figura 18. Nova proposta morfológica - SAS (fonte: Marques da Silva, 2018).



Figura 19. Detalhe das novas vias projetadas (fonte: Marques da Silva, 2018).



Figura 20. Detalhe da ampliação da quadra do INCA. (fonte: Marques da Silva, 2018).

Simulação computacional Envi-Met

A partir da inserção dos três cenários no ENVI-met foram obtidos resultados das simulações para uma série de parâmetros, que são apresentados e discutidos a seguir.

Através de análise comparativa dos dados, observa-se que houve alterações no microclima local simulado no programa Envi-met em função da alteração morfológica. Observa-se ainda que alguns parâmetros foram mais afetados como a ventilação, por exemplo. As diferenças de gabaritos, de afastamentos e de abertura das vias podem ter contribuído para tais resultados.

As análises podem ser observadas comparativamente nas figuras a seguir, onde serão apresentados os seguintes parâmetros: Temperatura do ar (Figura 21); Velocidade dos ventos (Figura 22); Umidade Relativa (Figura 23); Radiação difusa (Figura 24); Fator de visão do céu (Figura 25).

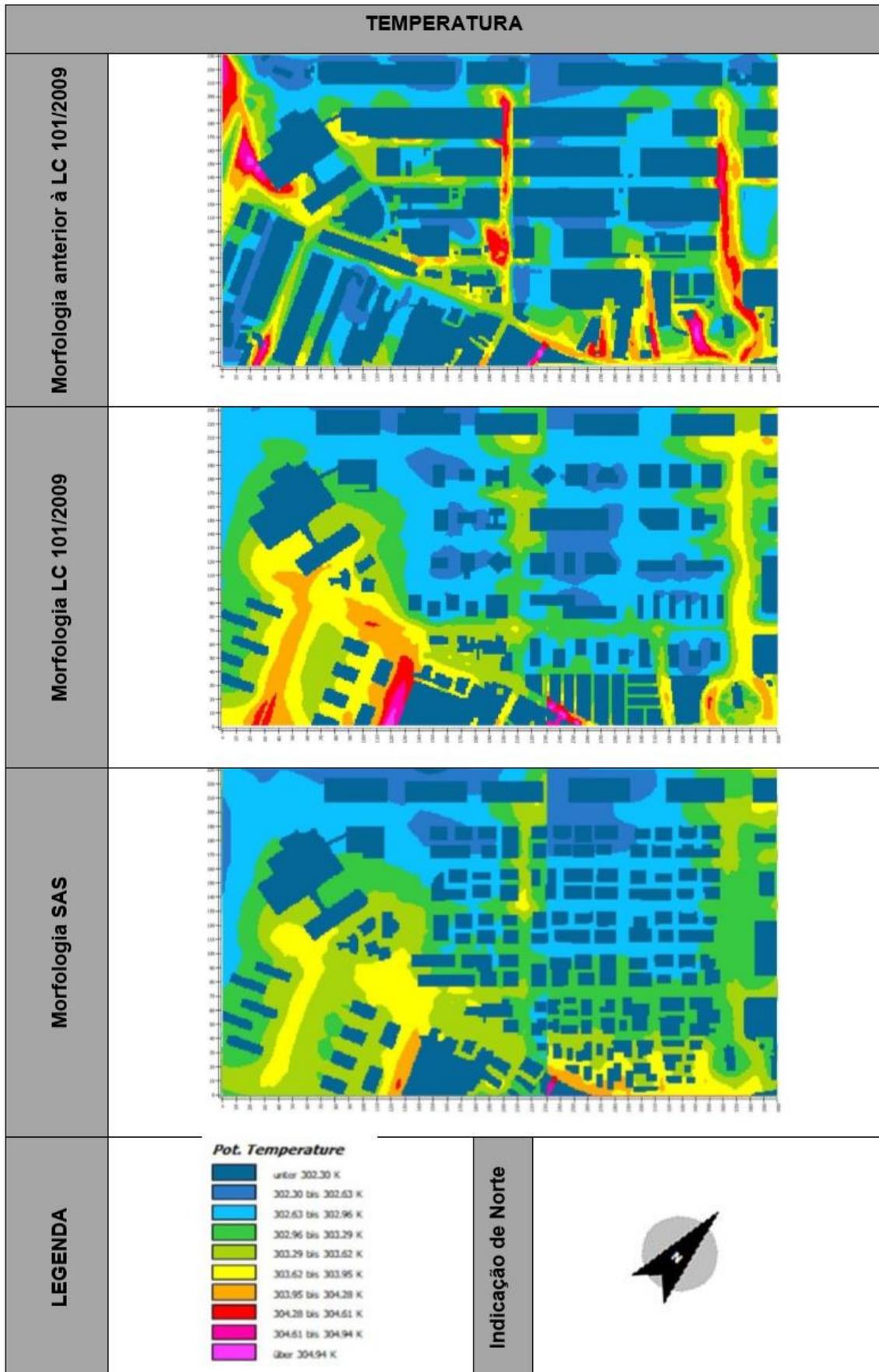


Figura 21. Temperatura do ar - Kelvin (fonte: elaborada pelas autoras).

A partir das imagens da Figura 21 é possível constatar que as temperaturas mais amenas foram observadas na proposta morfológica SAS. Observando os valores quantitativos, apenas uma área muito restrita desse terceiro cenário chegou a marcar mais do que 30,8°C, enquanto nos demais cenários é possível observar temperaturas mais elevadas. Observa-se também que o primeiro cenário apresenta muitas áreas com temperaturas acima de 31,8°C mesmo tendo uma volumetria baixa. Porém, possui uma taxa de ocupação elevada com poucos afastamentos e uma volumetria ‘monótona’. Observa-se que a variabilidade volumétrica e a manutenção de alguns afastamentos laterais e abertura de vias podem ter contribuído para maior permeabilidade dos ventos, o que também pode ser visto na Figura 18. A menor área de asfalto e a implantação de terraços jardim em uma área maior também podem ter contribuído para a amenização da temperatura do ar.

A variação da temperatura do ar pode ser influenciada pelos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação solar. Quando a velocidade do fluxo de ar é pequena, a temperatura é a consequência dos ganhos térmicos solares do local e pode ser influenciada pelo tipo de solo, vegetação, topografia, altitude, etc (Lamberts et al., 2014). Quando o fluxo de ar é grande estes fatores exercem menor influência sobre a temperatura. O comportamento da temperatura pode ser obtido através das normais climatológicas, que fornecem os valores máximos, mínimos e médios para cada período do ano em determinado local. Para uma mesma temperatura a sensação de conforto pode ser diferente em função de variáveis como vento e umidade do local (Lamberts et al., 2014).

A Figura 22 apresenta a simulação da velocidade dos ventos.

No caso do segundo cenário (LC 101/2009) em função dos grandes lotes, da verticalização imposta e do consequente afastamento entre as edificações, a ventilação obteve níveis maiores, o que pode ter contribuído para a redução da temperatura. Porém, essa configuração urbana pode gerar “vazios” ao nível da rua, que pode causar uma sensação de insegurança aos pedestres e um uso maior de automóveis. Tal modelo urbanístico pode ser observado nos grandes condomínios da Barra da Tijuca ou nas superquadras de Brasília.

Os três cenários apresentam áreas com velocidades do vento acima de 3,39m/s, porém no primeiro cenário a ventilação possui menor penetração. Isso é observado por outros autores em regiões de morfologia semelhante com poucas áreas de afastamento e edificações com gabaritos semelhantes (Corbella e Corner, 2011). No entanto, a melhor permeabilidade da ventilação foi observada na proposta com os parâmetros do SAS, principalmente a homogeneidade da permeabilidade dos ventos.

As condições do vento podem ser alteradas com a presença de vegetação, edificações, e outros anteparos naturais ou artificiais. É importante lembrar que o desenho urbano pode canalizar o fluxo de ar de maneira a evitar o fluxo indesejado e aproveitar o desejado (Romero, 2013). Na escala microclimática, alguns obstáculos podem ser implantados para obstruir a passagem do vento. No desenho paisagístico, pode-se pensar na vegetação como proteção dos ventos mais fortes ou condutores de brisas de verão (Lamberts et al., 2014).

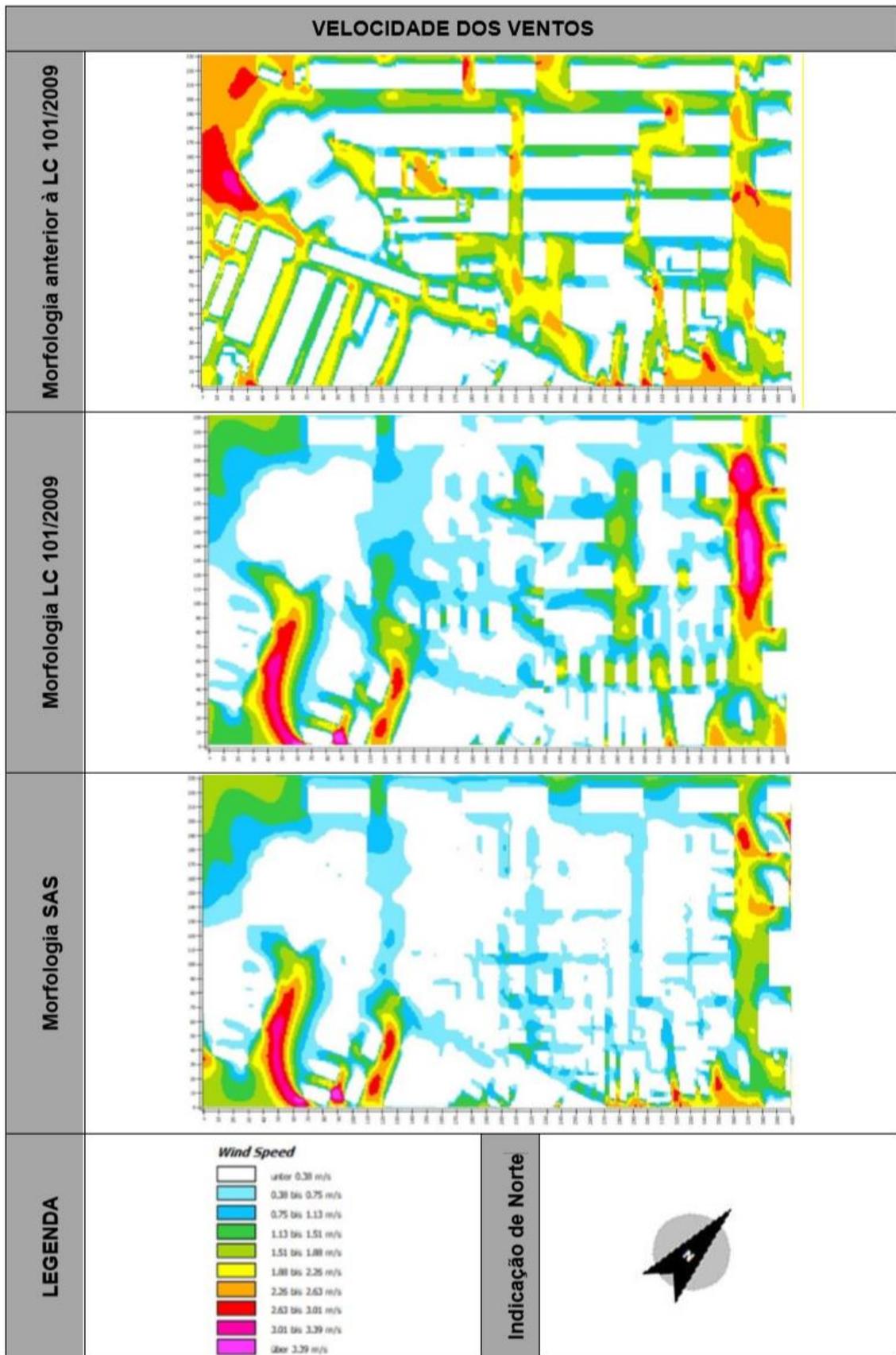


Figura 22. Velocidade dos Ventos – m/s (fonte: elaborada pelas autoras).

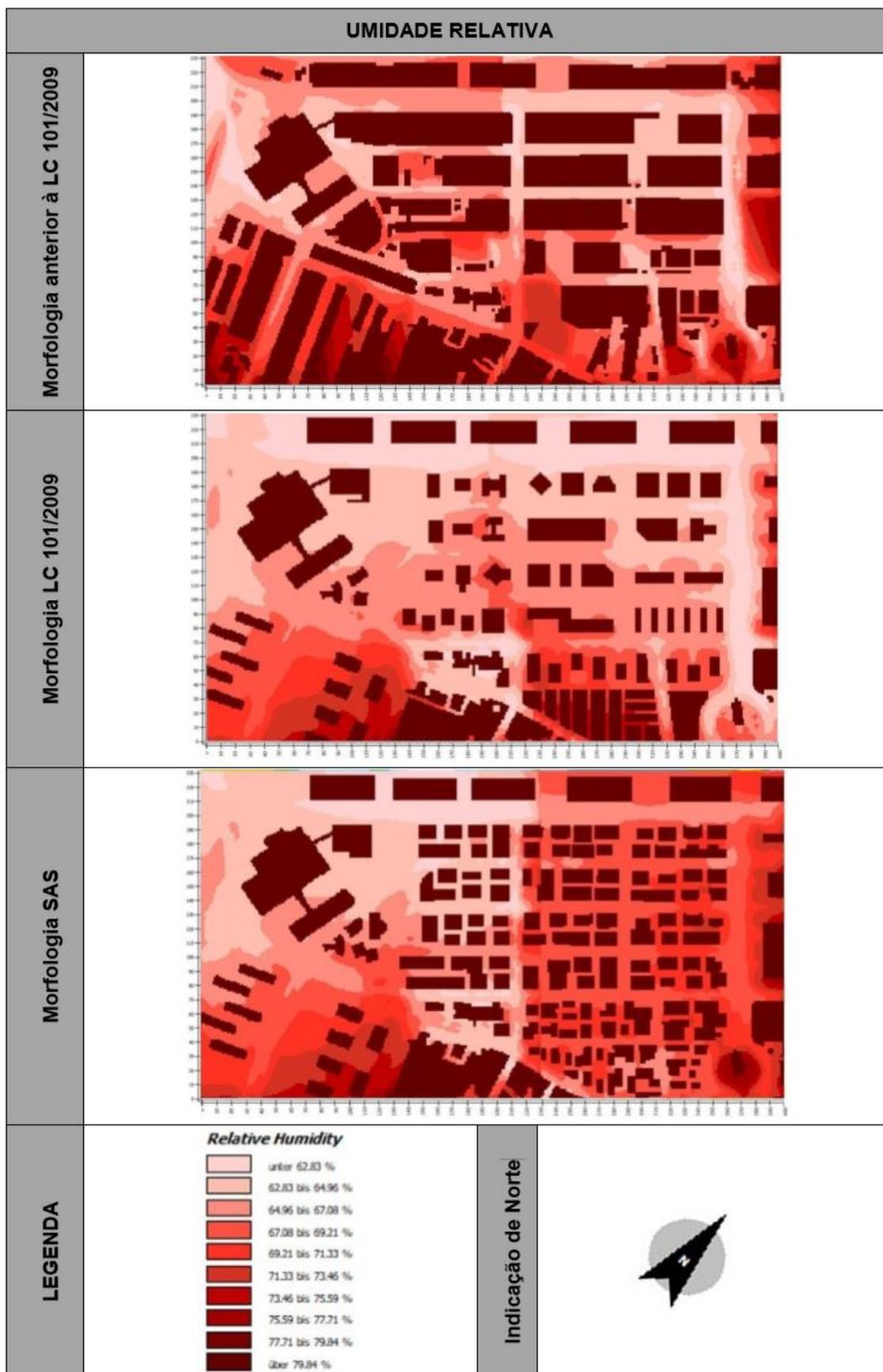


Figura 23. Umidade Relativa - % (fonte: elaborada pelas autoras).

A melhor permeabilidade dos ventos e a maior área de solo asfaltado e concretado podem ter influenciado na redução da

umidade relativa do ar na situação simulada para a LC 101/09, como observado na Figura 23.

De acordo com Lamberts et al. (2014), a umidade do ar resulta da evaporação da água dos mares, rios, lagos e da terra bem como na evapotranspiração dos vegetais e é a variável climática mais estável ao longo do dia. Pode ser alterada pela presença de água ou vegetação, em locais próximos a lagos, fontes ou espelhos d'água. O ar se umidifica, refrescando as edificações, enquanto que o vegetal umedece o ar de seu entorno através da evapotranspiração, o que pode ser útil em locais de clima muito seco. Esse fenômeno pode explicar o fato da umidade relativa na região ser relativamente alta nos três cenários analisados e pelo fato das simulações terem sido feitas com dados referentes ao verão.

Já a umidade relativa do ar é a proporção (em %) entre a umidade absoluta (toda a água presente no ar em determinada parte da atmosfera) e o ponto de saturação (a quantidade máxima de vapor de água que poderia haver sob determinada temperatura). A umidade relativa do ar tende a aumentar quando há diminuição de temperatura e diminuir quando a temperatura aumenta, portanto ela tende a ser inversamente proporcional à curva da temperatura. O aumento do número de vegetação tanto no

solo como em terraços jardins pode ter corroborado para um índice maior e mais constante de umidade no terceiro cenário (SAS), mantendo-se próximo de 62% a 67% de umidade em praticante toda a área.

Já a radiação solar pode ser dividida em direta⁹ e difusa¹⁰. Isto ocorre porque, ao penetrar a atmosfera, a radiação sofre interferências em seu trajeto em direção a superfície terrestre.

Nas simulações realizadas para a radiação difusa (Figura 24), o sombreamento das edificações teve grande influência nos resultados. É importante destacar que pelo fato do programa ENVI-met ter sido desenvolvido com parâmetros europeus, o sombreamento recebe uma importância maior do que realmente receberia em países tropicais. Para efeito de análise, como as três situações são áreas tropicais essa distorção nesse fator foi desconsiderada.

A simulação da forma urbana gerada pela LC 101/2009 e pela forma proposta pelo SAS obtiveram melhores resultados, visto que são áreas mais arborizadas e sombreadas pelas edificações.

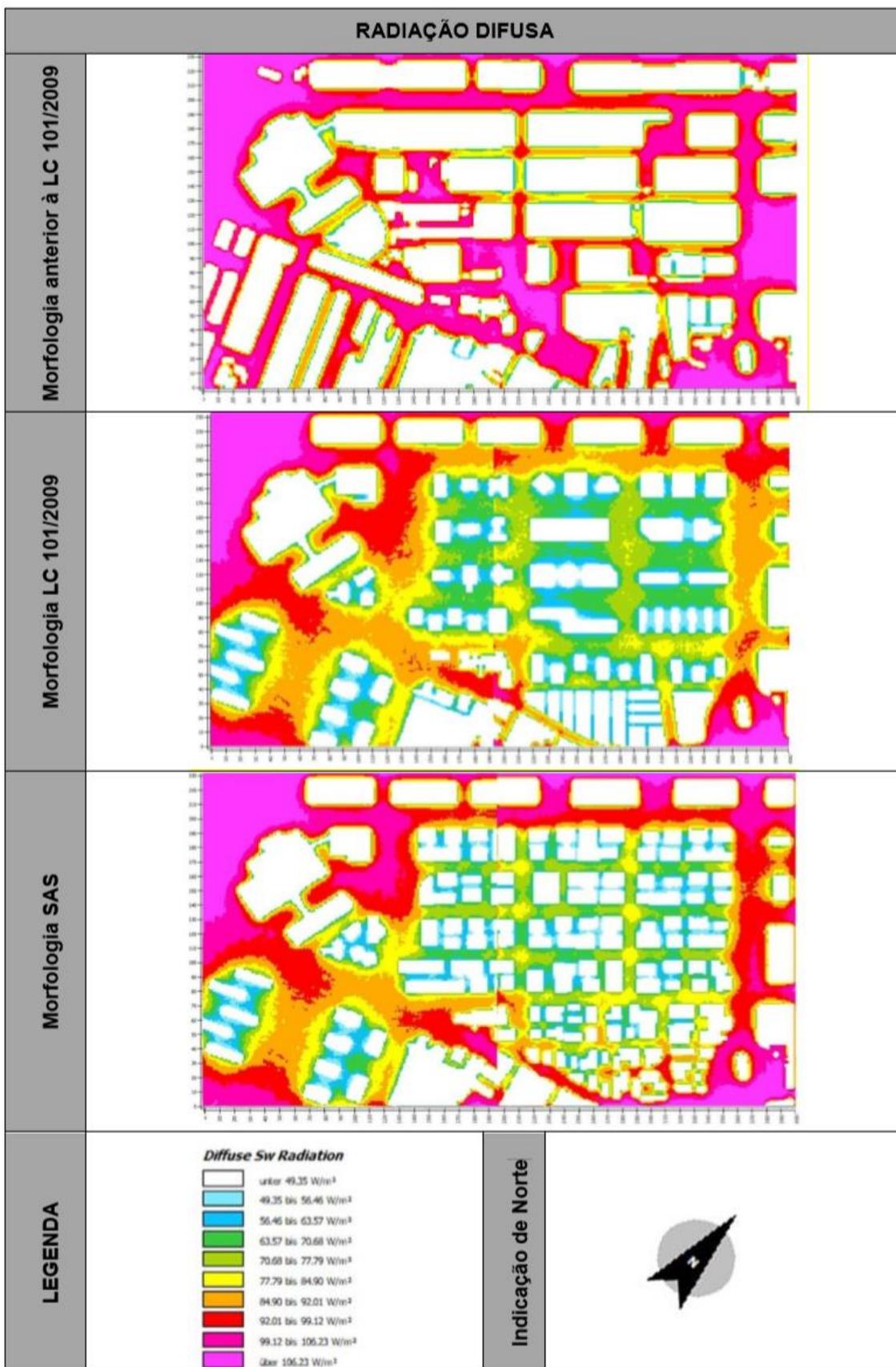


Figura 24. Radiação Difusa – W/m² (fonte: elaborada pelas autoras).

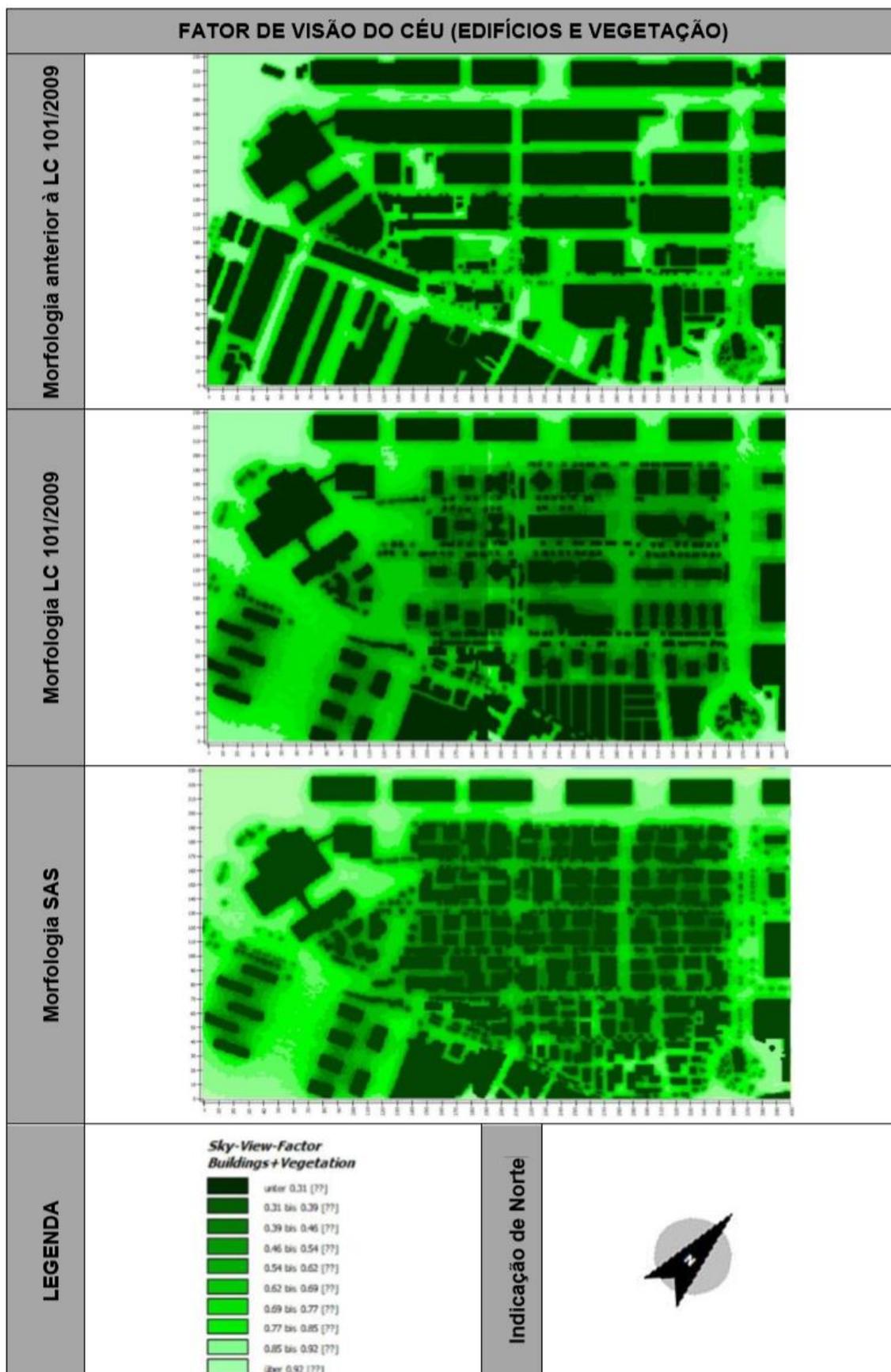


Figura 25. Fator de Visão do Céu (fonte: elaborada pelas autoras).

O Fator de Visão de Céu – FVC é um parâmetro adimensional que indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu, que

representa a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste visível, quantificando a quantidade de céu

visível em um local. Quanto maior a obstrução da visão do céu, maior será a dificuldade do ambiente dispersar a energia térmica armazenada para a atmosfera, além disso, apresenta, indiretamente, o possível sombreamento do solo.

Oke (2006) aponta o fator de visão do céu como um dos fatores principais para ocasionar o fenômeno das ilhas de calor. Porém, quando considerada a interferência da arborização, esse fenômeno pode ser amenizado, visto que apesar de obstruir a visão do céu, as árvores permitem uma maior permeabilidade dos ventos e uma dispersão maior da energia térmica acumulada.

Observando as simulações para esse índice (Figura 25), as mais altas medições de FVC foram expressas no primeiro cenário e as mais baixas foram observadas no terceiro cenário (SAS). Desta forma, pode-se constatar que a visão do céu está menos obstruída no primeiro cenário e há uma maior dispersão da energia térmica. Porém, já no terceiro cenário, por ter sido considerada a arborização, apesar de ter um FVC menor, isso não quer dizer que necessariamente que houve uma menor dispersão térmica, visto que as árvores permitem e absorvem essa energia térmica. No caso de áreas tropicais, o fator de visão do céu menor pode interferir diretamente na diminuição da temperatura do ar visto que comprovam a menor incidência solar. No entanto, se esse fator for excessivamente baixo, poderia comprometer a ventilação, o que não ocorreu na proposta simulada como visto na Figura 19 (a velocidade dos ventos no cenário 3 se

manteve entre 0,38 m/s e 1,88m/s em praticamente toda a região).

Discussões

Na Figura 26, é possível observar de forma simplificada as três morfologias analisadas e suas características volumétricas.

Visualmente, é possível notar que a proposta de alteração da legislação apresentada (metodologia SAS), resultou em uma forma urbana menos verticalizada, mais adensada, porém com afastamentos laterais, com uma volumetria variada e com quarteirões menores. A redução dos quarteirões e o adensamento são características defendidas por alguns autores como mais adequadas ao pedestre (Jacobs, 1961; Gehl, 2013). Porém, a introdução do afastamento lateral é um fator que auxilia a ventilação, sendo possível observar que os resultados se mostraram adequados ao microclima em um país com clima tropical. Destaca-se, então, a importância do regionalismo para a proposição de morfologias urbanas. É possível notar também a maior possibilidade de densificação populacional e a maior proximidade das fachadas frontais nas testadas das vias o que também converge para um ambiente onde os habitantes estão mais próximos das vias e pode trazer uma maior sensação de segurança (Vogel, Mello e Mollica, 2017). Ainda, a diminuição do tamanho dos lotes permite a ocupação por pessoas de rendas variadas e não apenas grandes empreiteiras, uma vez que o custo de um lote de 2000m² em uma área revitalizada subentende um aumento nos valores da região.

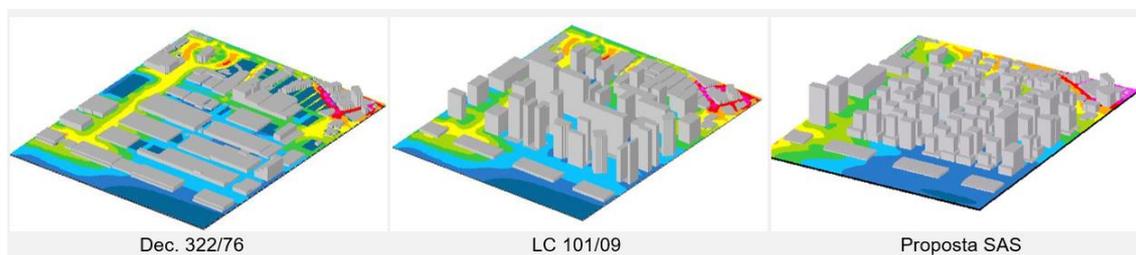


Figura 26. Simulação volumétrica (fonte: elaborada pelas autoras).

Apesar de ter sido verificado através das simulações realizadas no ENVI-met que do ponto de vista bioclimático os resultados das medições da proposta com os parâmetros da LC 101/2009 ficaram semelhantes aos resultados obtidos no terceiro cenário (SAS), com algumas alterações mais significativas como a ventilação, destaca-se que a

verticalização com edifícios de 50 andares e com significativos afastamentos frontais e laterais (entre 7 e 15 metros) pode levar a ambientes menos propícios à caminhabilidade e que necessitem de um maior uso de automóveis (Gehl, 2013) como o que acontece em áreas da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro. Desta forma, destaca-se

que o projeto com princípios sustentáveis é muito mais amplo do que a consideração apenas de princípios bioclimáticos. na proposta SAS, baseada no LEED-ND.

As alterações da morfologia através da metodologia proposta baseada no LEED-ND propiciaram uma conformação de bairro adensado, porém não excessivamente

verticalizado (edifícios com no máximo 20 andares).

Na Figura 27, é possível observar as conformações morfológicas do estudo nas três situações apresentadas e analisar as alterações propostas como abertura de ruas e diminuição das quadras.



Figura 27. Comparativo das conformações morfológicas (fonte: Marques da Silva, 2018).

Em relação ao adensamento previsto pela LC 101/09, através da verticalização das edificações, é possível observar (Figura 28) que apesar da Proposta SAS possuir uma área passível de ocupação inferior à da LC 101/2009 e de limitar a altura das

edificações, o quantitativo de área total edificada (ATE) é ampliado na metodologia proposta (SAS) em relação à LC 101/2009. Já o quantitativo da Taxa de Ocupação do solo (TO), na proposta SAS, se manteve entre as demais proposições.

ZONA	DECRETO 322/76			LC 101/2009			PROPOSTA SAS		
	ÁREA	ATE	TO	ÁREA	ATE	TO	ÁREA	ATE	TO
ZP / ZUM	181.106,47	834.006,90	126.774,53	150.303,83	1.202.825,95	81.164,07	150.573,77	1.243.880,97	105.401,64
ZR-5	39.197,98	82.315,76	27.438,59	38.992,24	115.253,54	23.395,34	33.384,98	144.663,58	23.369,49
SOMA	220.304,45	916.322,66	154.213,12	189.296,07	1.318.079,49	104.559,41	183.958,75	1.388.544,55	128.771,13

Figura 28. Quadro comparativo de Área Total Edificada – ATE e Taxa de Ocupação no nível do solo - TO (fonte: elaborada pelas autoras).

Desta forma, o adensamento populacional foi mantido na proposta morfológica SAS não comprometendo o microclima local, além de ter priorizados princípios de sustentabilidade expressos no LEED-ND.

Considerações Finais

A construção de bairros mais sustentáveis e com princípios bioclimáticos é um desafio que só pode ser alcançado com base em modelos inovadores de ocupação do solo. É importante serem consideradas as regionalidades, como a contextualização histórica, a identidade, as características físicas, com ênfase para as características climáticas, e as relações socioeconômicas da região.

Discutir e entender como a forma urbana pode interferir na qualidade de vida local de uma determinada área foi uma das intenções deste estudo. Porém, a ênfase foi dada prioritariamente às questões microclimáticas. Através das referências teóricas e simulações computacionais foi possível compreender que as conformações urbanas variadas podem influenciar diretamente nas inter-relações urbanas em toda a sua complexidade.

A metodologia proposta de alteração da legislação vigente tem a intenção de contribuir para futuros estudos, sendo possíveis aplicações por parte das prefeituras nesta mesma área ou como exemplo para outras regiões da cidade.

Notas

¹ O projeto resultante da proposta de Marques da Silva (2018) não é o enfoque deste artigo, porém é de grande importância para a análise proposta. Os detalhes e justificativas principais podem ser obtidos através do documento: http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissert_poli2374.pdf.

² A outorga onerosa do direito adicional de construção é um instrumento previsto no Estatuto das Cidades - Lei Federal nº10.257/2001 (Brasil, 2001)

³ Apesar de considerar diversos fatores (mobilidade, segregação social, consumo energético, etc.) como essenciais ao projeto urbano sustentável, este artigo teve como foco as alterações microclimáticas.

⁴ Todos os parâmetros utilizados, assim como o detalhamento da proposta podem ser conferidos em Marques da Silva, (2018). Para o contexto deste artigo optou-se por expor apenas os resultados simplificados da proposta.

A busca por uma conceituação urbana sustentável traz consigo uma série de proposições e estratégias que buscam atuar em diversos níveis (sociais, econômicos e ambientais). A metodologia proposta pretendeu introduzir instrumentos capazes de congregarem esforços tanto da esfera pública, na revitalização, ampliação e modernização da infraestrutura urbana, quanto da iniciativa privada, tornando-se responsável por construir e manter espaços que possam ser utilizados pela comunidade, visando o alcance da sustentabilidade e a eficiência urbana.

Priorizar o desenvolvimento social e humano com capacidade de suporte ambiental, gerando cidades produtoras com atividades que podem ser acessadas por todos, é uma forma de valorização do espaço incorporando os elementos naturais e sociais.

Visto que as opções projetuais são diversas, os resultados obtidos com a metodologia proposta (SAS) neste estudo indicam a importância de efetuar análises testando as diferentes possibilidades antes da implantação de qualquer projeto, seja ele urbanístico ou arquitetônico. Observou-se que com a mesma densidade foi possível obter espaços mais adequados aos princípios bioclimáticos e sustentáveis.

Agradecimentos

Capes e CNPq.

⁵ Informações adicionais sobre a proposta metodológica SAS podem ser obtidas em Marques da Silva (2018).

⁶ Sendo assim, o volume da área na modelagem é de 400m x 400m x 150m. A maior edificação simulada possuía 150 metros de altura, sendo necessário aplicar o recurso de grid telescópico após essa altura para que o programa possa ter espaço para efetuar seus cálculos.

⁷ Um dos requisitos da simulação com o Envi-met é simular um tempo maior, pois nas primeiras horas de simulação o programa equaliza todos os parâmetros e por uma questão de processamento, essas primeiras horas são descartadas para a obtenção dos resultados, visto que pode haver distorções.

⁸ Idem nota 6

⁹ A radiação direta é a parcela que atinge a terra diretamente, sua intensidade depende da altura solar e do ângulo de incidência dos raios solares

em relação à superfície receptora (Lamberts et al., 2014).

¹⁰ Ao adentrar à atmosfera, a radiação solar é absorvida pelo ozônio, vapores e partículas, este

Referências

- Ameen, Raed Fawzi Mohammed, Mourshed, Monjur e Li, Haijiang (2015) A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design, *Environmental Impact Assessment Review*. Volume 55, 2015, Pages 110-125, ISSN 0195-9255, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2015.07.006>. [Consultado em: 18 abril 2019]
- Ascher, François (2010) *Os novos princípios do urbanismo*. São Paulo, Romano Guerra.
- Barbosa, Gisele, Drach, Patricia e Corbella, Oscar (2019) Intraurban Temperature Variations: Urban Morphologies of the Densification Process of Copacabana Neighborhood. Brazil. *Climate*. 7. 65. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cli7050065> [Consultado em: 22 maio 2019]
- Bruse, Michael (2009) ENVI-met. Version 3.1 BETA III. On-line Manual. [Online] Disponível em: <http://www.envi-met.info/documents/onlinehelpv3/helpindex.htm> [Consultado em: 08 março 2018]
- Bruse, Daniela (2017) *Decoding Urban Nature*. [Online] Disponível em: <https://www.envi-met.com/wp-content/uploads/2019/07/ENVI-met-brochure.pdf> [Consultado em: 08 março 2018]
- CDURP (2010) *Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)*. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro. [Online] Disponível em: https://www.portomaravilha.com.br/estudos_vizinhanca [Consultado em: 30 janeiro 2018]
- CDURP (2017) *Apresentação da Operação Consorciada Porto Maravilha*. [Online] Disponível em: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/apresentacoes/PORTO_MARAVILHA_GERAL_JUNHO_2017_.pdf. [Consultado em: 30 janeiro 2018]
- Corbella, Oscar e Corner, Viviane (2011) *Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético*. Rio de Janeiro, Revan.
- fenômeno chama-se Dissipação Atmosférica, quanto menor a altura solar, maior o trajeto da radiação através da atmosfera, chegando menos radiação à superfície terrestre. (Lamberts et al., 2014).
- Corbella, O. e Yannas, S. (2011) *Em busca de uma arquitetura sustentável para os Trópicos. Conforto Ambiental*. Rio de Janeiro, Revan.
- Emmanuel, Rohinton, Loconsole, Alessandro e Drach, Patricia (2015) Green infrastructure enhancement in Glasgow: A proposal based on Local Climate Zone evaluation of urban morphology in a shrinking city. *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*. Toulouse: International Association for Urban Climate (IAUC). Disponível em: http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/poster_2-12-1231073_a.pdf [Consultado em: 03 julho 2019]
- Ferreira, Tatiana de Souza (2013) Planejamento e Gestão Estratégica no Rio de Janeiro: Um projeto para a Zona Portuária. *XIII Simpósio Nacional de Geografia Urbana*, Rio de Janeiro. Anais - XIII SIMPURB. Disponível em: http://www.simpurb2013.com.br/wp-content/uploads/2013/11/GT13_tatiana.pdf [Consultado em: 3 março 2017]
- GBC Brasil (2018) *Certificação LEED ND*. [Online] Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php> [Consultado 12 março 2018]
- Gehl, Jan (2013) *Cidade para pessoas*. São Paulo, Perspectiva.
- Higuera, Esther (2006) *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Jacobs, Jane (1961) *The Death and Life of Great American Cities*. Nova York, Random House.
- Knez, Igor e Thorsson, Sofia (2006) Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International journal of biometeorology*. 50. 258-68. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0024-0> [Consultado em: 28 maio 2019]

- Kruger, E, Drach, P. e Broede, P. (2017) Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. *International Journal of Biometeorology*. 61(3):463-475. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1226-8> [Consultado em: 7 agosto 2019]
- Lamas, J.M.R.G. (2016) *Morfologia urbana e o desenho da cidade*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbekian.
- Lamberts, R., Dutra, L. e Pereira, F.O.R. (2014) *Eficiência Energética na Arquitetura*. Rio de Janeiro, Eletrobras / Procel.
- Marques da Silva, A.M., (2018) *Análise microclimática e avaliação LEED Neighborhood: Um estudo de caso da morfologia urbana do Porto Maravilha*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MMA (2015) Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: textos para as discussões da Rio+20. Brasília, MMA.
- Newman, Peter e Jennings, Isabella (2008) *Cities as sustainable ecosystems principles and practices*. Washington D.C., Island Press.
- Oke, T.R. (2006) *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. Vancouver, World Meteorological Organization.
- Oliveira, V.M. (2011) *Avaliação em Planeamento Urbano*. Porto, U.Porto Editorial.
- Prefeitura do Rio de Janeiro (2009) *Lei Complementar 101 - 24/11/2009 - Modifica o Plano Diretor, autoriza o Poder Executivo a instituir a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio e dá outras providências*. Lei Municipal. Rio de Janeiro.
- Rogers, Richard e Gumuchdjian, Phillip (2001) *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona, Editorial Gustavo Gilli.
- Romero, Marta Adriana Bustos (2013) *Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano*. Brasília, Editora UnB.
- Sinergia (2013) *Relatório de atualização do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) da Operação Urbana Consorciada da região do Porto do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Prefeitura do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/atualizacao-eiv-e-de-traffic/volume-1.pdf> [Consultado em: 6 março 2019]
- Souza, G.C.S.d. (2015) *Morar Carioca da Providência: a ambiguidade da ação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- USGBC, CNU e NRDC (2011) *LEED 2009 for Neighborhood Development Rating System*. Washington D.C., U.S. Green Building Council.
- Vigier, T., Moreau, G. e Siret, D. (2015) From visual cues to climate perception in virtual urban environments. *IEEE Virtual Reality (VR)*, Arles, pp. 305-306. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/VR.2015.7223417> [Consultado em: 4 julho 2019]
- Vogel, A., Mello, M. e Mollica, O. (2017) *Quando a rua vira casa: a apropriação de espaços de uso coletivo em um centro de bairro*. Niterói, EDUFF.
- WRI Brasil (2015) *DOTS Cidades: Manual de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável*. Porto Alegre, Embarq Brasil. Disponível em: <https://wricidades.org/research/publication/dots-cidades-manual-de-desenvolvimento-urbano-orientado-ao-transporte> [Consultado em: 12 março 2019]
- Zangalli Jr., P.C. (2013) Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. *Sociedade & Natureza*, 25, pp.291-302. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/3213/321328750007.pdf> [Consultado em: 22 março 2019]

Tradução do título, resumo e palavras-chave

LEED neighborhood assessment and microclimatic analysis: a case study of urban morphology in Porto Maravilha, RJ, Brazil

Abstract. *In recent years, the port region of Rio de Janeiro has received a major revitalization project, called the Porto Maravilha Project, which foresaw the morphological alteration and densification of some sectors of the region. This study aimed to analyze the possible impacts of changes in legislation in the area called Sector C, as well as its correlation with urban morphology. Initially, maps were prepared to analyze two situations, the first based on urban parameters in force until 2009 and the second considering the parameters described in the new legislation for the region, defined by Complementary Law 101/2009. Computer simulations were performed using the urban forms resulting from the evaluated laws. The comparison of the results obtained allowed the analysis of the urban form and the typology of the buildings. From this analysis, new urban parameters were suggested, simulating a hypothetical situation based on the requirements of the LEED-Neighborhood system, respecting the ideal of densification in the region, but adopting a new urban morphology guided by sustainable urbanism criteria. The generated maps were simulated and compared to previous maps. From the results obtained it was possible to observe that the morphological changes developed in the simulated urban projects seem to have influenced the microclimate of the studied region.*

Keywords. *urban morphology, environmental certifications, urban planning, urban microclimate, Porto Maravilha.*

Editor responsável pela submissão: Vinicius M. Netto.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.



PERSPETIVAS

Debate sobre temas fundamentais
em morfologia urbana

Big Data e Análise Urbana: Ciência da cidade nas economias em desenvolvimento¹

Mayra Gamboa González^a  e Juan Ángel Demerutis Arenas^b 

^a Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura e Design - CUAAD, Departamento de Proyectos Urbanísticos, Guadalajara, Jalisco, México. Email: mayra.gamboa@academicos.udg.mx

^b Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura e Design - CUAAD, Departamento de Proyectos Urbanísticos, Guadalajara, Jalisco, México. Email: juan.demerutis@cuaad.udg.mx

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.171>

A tecnologia como elemento inseparável do ser cognitivo e a cidade inteligente como expressão no território

O desenvolvimento tecnológico é uma característica que acompanhou a humanidade ao longo de sua história. Sua origem pode ser localizada a partir da evolução do humano como ser cognitivo (*Homo Sapiens*), interpretando a tecnologia de acordo com a definição da Academia Real Espanhola (espanhol: Real Academia Española ou RAE), como o conjunto de teorias e técnicas que permitem o uso prático do conhecimento científico, bem como o conjunto de instrumentos e procedimentos industriais de um determinado setor ou produto (Royal Spanish Academy, 2019).

Em sua obra transcendental “*De animales a Dioses: Breve historia de la humanidad*”, Harari (2018) distingue três revoluções importantes na história da humanidade: a revolução cognitiva que marca o início da história há aproximadamente 70.000 anos, localizada no início da era da espécie *Homo Sapiens*, quando surgiram culturas humanas. A segunda é a revolução agrícola, entre 12.000 e 5.000 anos atrás, quando alguns autores colocam a origem dos primeiros assentamentos humanos como aldeias e cidades nas sociedades neolíticas que conviviam estreitamente com a Mãe Natureza (Eisler, 1998; Mumford, 1961). E a terceira é a revolução científica que começou há apenas 500 anos, que deu origem à Era do Iluminismo e às revoluções industriais do século XVIII até os dias atuais.

Essas três revoluções trouxeram mudanças significativas na maneira como os humanos se desenvolveram como espécie e em nosso relacionamento com outros organismos e o meio ambiente. A partir dessa análise, ficamos parecendo alguém do nível de desenvolvimento e poder que alcançamos e, que, segundo o autor, nos tornaria semelhantes a deuses, com poderes de criação e destruição, mas com pouco entendimento do que fazer com esse poder, além do péssimo relacionamento com nosso habitat e ambiente natural. Os avanços tecnológicos que estamos testemunhando não são igualmente distribuídos, e esse fato não nos coloca como uma espécie melhor; pelo contrário, de acordo com Harari (2018), há uma grande incerteza em relação ao futuro da *Homo Sapiens*, nossa espécie, uma vez que não está claro se poderemos evoluir para nos tornarmos seres dotados com diferentes consciências e sentimentos, em contraste ao modo como os conhecemos e os compreendemos atualmente ou se, pelo contrário, o uso da tecnologia nos fragmentará em sociedades cada vez mais desiguais, com a predominância de alguns grupos em detrimento de outros.

Esse desenvolvimento tecnológico, econômico e cultural, transferido para a expressão física do território, gerou um modelo de crescimento atual para a cidade, que é de urbanização acelerada, desconectada e dispersa. É um modelo em que prevalece o uso de veículos particulares, e as despesas de transporte público são altas devido às grandes

distâncias percorridas para acessar lugares de emprego, educação e outros serviços básicos e recreativos. Existe uma fraca distribuição e cobertura de serviços de infraestrutura e equipamentos, bem como uma tendência a um modelo de moradia horizontal que não ajuda a gerar condições de vida sustentáveis. Isso se traduz em um estado de desigualdade, pois há falta de acesso a oportunidades; uma situação cujo problema subjacente está em ascensão e que afeta principalmente a população de baixa renda, que normalmente é excluída e empurrada para os arredores das cidades onde a terra para moradia tem menor custo.

Castells (2010) estabelece, entre as características que delineiam as causas da dinâmica espacial - e portanto, a forma urbana da sociedade em rede global - a estreita interação entre a transformação tecnológica da sociedade e a evolução de sua forma espacial. Em outras palavras, a tecnologia não é um fator determinante, mas um facilitador de novas estruturas sociais. Então, qual deve ser a forma no futuro? Uma forma urbana que reflete uma sociedade mais democrática, de acordo com Scott (2014).

Sobretudo na última década, a ascensão das tecnologias da informação e comunicação (TICs) tem permeado todos os cenários da vida cotidiana, a fim de tornar a cidade mais eficiente, a ponto de agora haver um “abuso” do termo *'smart city'*.

A conotação de “cidade inteligente” não é nova. No passado, houve diferentes abordagens que tratam a cidade como uma entidade orgânica, estruturada a partir de redes e fluxos (Batty, 2013). Segundo Mitchell (2007), no início do século XXI e a partir de uma série de avanços tecnológicos e de comunicação, as cidades foram constituídas por uma série de subsistemas semelhantes aos organismos vivos que lhes permitem responder como tal, de maneira inteligente e coordenada. Segundo o autor, a inteligência nas cidades reside na combinação eficaz de uma infra-estrutura digital de telecomunicações e transporte (sistema nervoso), a inteligência incorporada que está presente em todo lugar (cérebro), os sensores (órgãos sensoriais) e o software (conhecimento e competência cognitiva).

No entanto, o conceito de cidade inteligente surgiu logo no início do milênio como uma fusão de ideias sobre como as tecnologias da informação e comunicação poderiam melhorar o funcionamento das cidades, torná-las mais eficientes e competitivas e fornecer novas maneiras de abordar questões de pobreza, privação social e ambientes poluídos como premissas de cuidados para melhorar a qualidade de vida (Batty *et.al*, 2012, p. 483).

Cidades inteligentes são tipicamente definidas como aquelas que dependem do uso de ferramentas de informação e tecnologias de comunicação (TICs) para obter um desempenho mais inteligente e, portanto, com desempenho mais eficiente dos recursos, o que se traduz em economia de energia e melhorias nos serviços e na qualidade de vida em geral, reduzindo os impactos adversos ao meio ambiente (Shaheen e Cohen, 2017).

Albino, Berardi e Dangelico (2015) registram o uso do termo *'smart city'* pela primeira vez na década de 90, relacionado ao emprego de novas TICs. Esse conceito tornou-se popular na literatura científica e na política internacional, onde se reconhece que as cidades são elementos-chave para o futuro, devido ao seu papel nos aspectos sociais e econômicos, mas também é reconhecido o impacto significativo que elas geraram no meio ambiente. Esse baixo desempenho ambiental é um dos pilares que sustentam os argumentos a favor do crescimento inteligente, para que as cidades desenvolvam novas formas de enfrentar esses desafios. Nesse sentido, o conceito de cidade inteligente não se limita apenas à aplicação de tecnologias nas cidades, mas o leva a outras áreas, o que criou confusão entre os formuladores de políticas públicas que buscam tornar suas cidades mais inteligentes.

Segundo Peter Hall e Kathy Pain (citado em Castells, 2010), na economia do conhecimento os serviços “avançados ou especializados” são indutores do crescimento urbano, da riqueza e do poder, sendo uma das razões que explicam o fenômeno da concentração metropolitana. Esses tipos de serviços estão concentrados principalmente na centralidade urbana e em áreas bem conectadas. Em outras palavras, o fenômeno da desigualdade intra-urbana está presente

tanto em economias desenvolvidas, quanto em economias em desenvolvimento, e diz respeito a quem pode tirar proveito dos serviços e da economia do conhecimento.

Uma nova ciência urbana transdisciplinar

Após uma revisão da literatura sobre cidades inteligentes, aparecem outros conceitos e disciplinas aparentemente relacionados, como ciência da cidade, ciência urbana, ciência da computação ou análise urbana, entre outros. Isso é digno de nota, pois indica que não há consenso na definição de cidades inteligentes e tampouco existe uma estrutura conceitual para esses novos significados. No entanto, a análise a seguir tentará fazer uma abordagem inicial e estabelecer distinções com relação ao que é chamado de cidade inteligente.

Na perspectiva da City Science, as cidades são consideradas processos complexos de sistemas que não são previsíveis e que se baseiam no entendimento desses sistemas de redes e fluxos que interagem com os objetos dentro deles (Siller, 2015). Para estudar a cidade são necessárias outras ciências, como física social, economia urbana, teoria dos transportes e geografia urbana. Além disso, a análise se baseia em ferramentas tecnológicas, como métodos de simulação, para prever interações entre variáveis e fluxos e, assim, ajudar na tomada de decisões futuras sobre as cidades (Batty, 2013).

Uma das distinções feitas pelos proponentes da ciência da cidade em relação à conceitualização da cidade inteligente é que, no uso de ferramentas tecnológicas e de informação, tenta-se entender as necessidades e dinâmicas habituais da população, identificando questões urbanas para gerar instrumentos de simulação de impacto que ajudem na tomada de decisões por consenso, envolvendo mais atores (por exemplo, cidadãos) e contribuindo para alcançar cidades mais humanas.

A ciência da cidade é proposta como uma construção estrutural em direção à visão transdisciplinar para entender os fenômenos urbanos como um objeto complexo, como é o caso da cidade (Gómez et.al, 2019). Trata-se de mudar de uma qualidade interdisciplinar, na qual um grupo de disciplinas ou

abordagens disciplinares compartilham, em direção a uma fusão transdisciplinar, devido ao caráter híbrido da estrutura disciplinar que compõe a ciência das cidades (Wilson 2012, Batty, 2013, citado em Gómez *et. al*, 2019). Isso abrange desde as teorias que constroem o paradigma da complexidade (teoria do caos, teoria dos sistemas, entre outras) até disciplinas reconhecidas como física social, economia urbana, sociologia urbana, entre outras (Batty, 2013).

Essa concepção da cidade como um sistema complexo é consistente com a abordagem interdisciplinar dos sistemas que envolvem as áreas social, ecológica e tecnológica (SETs) (McPhearson *et. al*, 2016; Van der Leer *et. al*, 2019, citado em Gómez *et. al*, 2019). Nessa abordagem, o subsistema social abrange os sistemas sociais, econômicos, políticos, culturais e biosociais, cujos componentes são fundamentalmente indivíduos ou organizações humanas relacionadas entre si e com os outros subsistemas por meio de ações, interações e transações. O subsistema ecológico-territorial, por sua vez, inclui sistemas naturais que agem de duas maneiras, uma vez que funcionam como suporte territorial ou interiores aos demais subsistemas, possibilitando condições para sua produção e reprodução e, ao mesmo tempo, são interpostos por agentes sociais. E o terceiro, o subsistema tecno-infra-estrutural, ou a coleção de sistemas compostos por agentes e dispositivos humanos (sistemas de transporte, geração e distribuição de energia, gestão e governança urbanas, equipamentos, etc.) que mediam os subsistemas anteriores em termos de transformação (produção, fabricação ou execução de processos) ou controle, como organização, gerenciamento e regulação de processos e sistemas.

Consequentemente, a ciência da cidade promove a interdisciplinaridade científica destinada à geração e aplicação de conhecimento, acompanhado da interdisciplinaridade tecnológica destinada a intervenções cognitivas; isto é, envolve a hibridação de disciplinas direcionadas à pesquisa básica e aplicada, e a fusão de disciplinas tecnológicas orientadas ao design de sistemas e processos, dentre as quais se

destaca a administração urbana (Gómez, *et. al.*, 2019).

Embora algumas semelhanças e diferenças sejam percebidas nas diferentes definições de conceitos, os defensores da nova ciência da cidade fazem algumas distinções com relação às cidades inteligentes, para direcionar essa abordagem para o estudo de questões urbanas como sistemas de rede e fluxos interconectados (Batty, 2013). No entanto, o que concordam os defensores das cidades inteligentes e da ciência da cidade é que ambas as abordagens buscam melhorar as condições de habitabilidade da cidade de maneira mais eficiente. Ou seja, melhorias na infraestrutura, provisão de serviços, mobilidade e até a produção de sociedades mais inclusivas.

Dentre os centros de pesquisa aplicada no campo das ciências da cidade (também chamados ciências urbanas ou ciências das cidades inteligentes), em que estão sendo desenvolvidas novas tecnologias para análise espacial e urbana, destacam-se:

- O grupo de pesquisa City Science do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (City Science-MIT Media Lab, anteriormente chamado de Changing Places Group, e sucessor do extinto grupo Smart Cities, que operou de 2003 a 2010). Este centro é voltado para a pesquisa de novos modelos de arquitetura urbana (espaços flexíveis para morar e trabalhar), juntamente com o design de veículos pessoais e autônomos que melhor respondem a necessidades individuais únicas por meio de personalização inteligente. Eles desenvolvem tecnologia destinada a entender e responder à dinâmica humana, ambiental e de mercado. Eles também trabalham no desenvolvimento de sistemas de informações autônomos e em tempo real para a tomada de decisões pessoais, bem como interfaces para convencer as pessoas a adotar comportamentos sustentáveis. As linhas de pesquisa abordam três áreas: locais para morar e trabalhar (mudança de lugar), modelagem urbana, simulação e previsão (escopo

da cidade) e mobilidade sob demanda (veículo elétrico persuasivo - PEV). Este grupo de pesquisa criou uma rede internacional de colaborações com cidades nas quais os laboratórios da City Science foram instalados, incluindo, entre outros: Andorra, Toronto, Hamburgo, Xangai, Taipei e Aalto. A perspectiva desse grupo é desenvolver colaborações em cidades em rápido crescimento na América Latina, África e Índia nos próximos anos, onde os maiores desafios e impactos da urbanização deverão ocorrer no futuro (City Science, Media Lab, 2019).

- Center for Urban Science and Progress (CUSP). Fundada em 2012, a CUSP é um centro de pesquisa interdisciplinar que aplica a abordagem STEM ao serviço das áreas urbanas, empregando soluções e tecnologias orientadas a dados para problemas urbanos complexos. É uma colaboração acadêmica com a cidade de Nova York que busca melhorar os serviços urbanos, otimizar os processos de tomada de decisão do governo local, criar infraestruturas urbanas inteligentes e abordar desafios como crime, poluição ambiental e saúde pública. O centro coleta, integra e analisa informações (dados) de diferentes agências para entender e melhorar os sistemas urbanos e a qualidade de vida. O CUSP afirma o objetivo de ajudar as cidades do mundo a serem mais produtivas, habitáveis, mais justas e resistentes; também afirma supervisionar a agenda de pesquisa para a ciência das cidades. O centro combina especialistas de várias disciplinas nas áreas de física e ciências naturais; informática e ciência de dados; ciências sociais, engenharia e outros campos profissionais, como política, design e finanças (Center for Urban Science and Progress, 2019).
- O Bartlett Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA) of the

University College of London. Fundada em 1995 para liderar o desenvolvimento da ciência das cidades inteligentes, concentra-se na aplicação de modelos computacionais, técnicas de visualização de dados, tecnologias inovadoras de sensores, aplicações móveis e teoria urbana vinculada a sistemas urbanos. Os pesquisadores do centro realizam análises espaciais, utilizando sistemas de informação geográfica e outras formas de representação de dados de espaço e tempo. Os pesquisadores do centro realizam análises espaciais, utilizando sistemas de informação geográfica e outras formas de representação de dados de espaço e tempo. Eles empregam uma ampla gama de métodos: da física social à econometria; juntamente com modelos estatísticos, que vão da realidade aumentada e da detecção hiperlocal, à coleta de dados por meio de *crowdsourcing*. A abordagem é multidisciplinar, aplicada para criar modelos construtivos, visualizar *big data* e desenvolver novos métodos para coletar, analisar e comunicar informações. Na CASA, a teoria dos sistemas e as ciências da complexidade constituem os referenciais teóricos para suas investigações; tecnologias de visualização, interação humana computacional e análise de dados são empregadas para o desenvolvimento de projetos. Este centro oferece soluções para os problemas de eficiência de recursos, planejamento e governança eficaz nas cidades, para torná-los melhores lugares para se viver. O CASA envolve pesquisadores de diferentes formações, como arquitetos, geógrafos, matemáticos, físicos, arqueólogos e cientistas da computação (The Bartlett Center for Advanced Spatial Analysis, CASA, 2019).

- O grupo de Informática Urbana da Universidade de Tecnologia de

Queensland foi fundado em 2006. Em seu trabalho, eles aplicam vários métodos de pesquisa estabelecidos e novos, com o objetivo de identificar desafios e oportunidades em ambientes urbanos. Eles são baseados nas esferas sociocultural, econômica, ecológica e tecnológica. O grupo colabora com diferentes atores individuais, comunidades e organizações dos setores público, privado e social. O objetivo de seus projetos de pesquisa é estudar e co-criar futuros urbanos que sejam mais habitáveis e justos, garantindo que os resultados tenham um impacto na sociedade. Os pesquisadores do grupo vêm de diferentes áreas: humanidades e ciências sociais; design, planejamento e arquitetura; interação homem-computador, tecnologia da informação e ciência da computação.

- O Urban Analytics Lab da Universidade Nacional de Cingapura é um grupo de pesquisa interdepartamental e multidisciplinar que foi criado em 2019. Eles se concentram em análises urbanas, ciência de dados geográficos e modelagem de cidades em 3D. Seus projetos estão ligados às disciplinas de arquitetura, planejamento urbano e incorporação imobiliária. Para o desenvolvimento de seus estudos, eles usam infraestrutura, tecnologia de computação geoespacial e urbana (geomática, padronização de dados, qualidade dos dados, aprendizado de máquina e sistemas de informações geográficas) (Urban Analytics Lab, 2019).
- O Centro de Análise de Planejamento Espacial e Visualização do Instituto de Tecnologia da Geórgia. Este Centro, anteriormente chamado de Centro de Sistemas de Informação Geográfica, dedica-se ao desenvolvimento de tecnologias geoespaciais há quase 20 anos. Nele, os pesquisadores buscam criar uma simbiose entre tecnologia e gerenciamento de dados para que as

políticas públicas construam argumentos na fase de tomada de decisão para realizá-la de maneira informada. Seu trabalho gira em torno de várias disciplinas, como: transporte, planejamento urbano, conservação (terra e animais), energia renovável, áreas verdes e meio ambiente.

- Os laboratórios de inovação tecnológica da ONU (UNTILs). Eles se concentram no uso de tecnologia inovadora para resolver algumas das necessidades mais urgentes da humanidade e, como pertencem às Nações Unidas, suas análises estão sempre alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Cada laboratório é baseado em diferentes temas humanitários que são centrais de acordo com o local específico. Atualmente, existem quatro: Egito, Índia, Finlândia e Malásia. Diferentemente dos outros centros de pesquisa de constituição acadêmica listados nesta seção, esses laboratórios foram criados com os auspícios dos governos nacionais de cada sede, que devem regular a participação e colaboração de outros atores, como centros de pesquisa e entidades do setor privado (alguns estão localizados em centros de tecnologia e/ou negócios) ou *startups* (United Nations Technology Innovation labs, 2019).

Esses centros de pesquisa têm em comum, em maior ou menor grau, o desenvolvimento da ciência básica e aplicada aos problemas urbanos; sinergia com outros setores ou atores locais, como governos, sociedade civil e indústria; bem como a interdisciplinaridade. Entre seus objetivos está a busca por eficiência e equidade nas cidades. No entanto, exceto pelos recentes laboratórios da ONU (UNTILs), a maioria deles está localizada em cidades de economias desenvolvidas, onde esses problemas não são comparáveis aos da América do Sul e da América Latina em particular.

Uma ciência para cidades ricas ou para aliviar a pobreza e a desigualdade?

Um dos argumentos que os propulsores da ciência da cidade estabelecem é que não apenas as novas tecnologias e aplicações revolucionam a maneira de fazer as coisas, facilitam as atividades e melhoram a produtividade das empresas, mas também proporcionam maior inclusão social (Prince & Jolías, 2017). No entanto, essas vantagens são possíveis para economias emergentes em contextos de escassez de recursos, baixo nível educacional da população, necessidades básicas não atendidas, insegurança, falta de informação, entre outras preocupações?

Há uma grande brecha digital no México, sendo que para solucionar isso, são necessários além dos recursos econômicos, como também algumas mudanças em nossas instituições. Essas mudanças parecem particularmente desatualizadas, com as rápidas transformações tecnológicas ocorrendo em todo o mundo.

Na Constituição mexicana, o acesso à Internet é estabelecido como um direito para que todos os cidadãos estejam bem informados. Em 2013, durante a última administração federal, o projeto do governo 'Connected Mexico' (em espanhol: México Conectado) foi lançado especificamente para tratar desse direito constitucional e garantir o acesso ao serviço de Internet em banda larga. Para isso, foram estabelecidas redes de telecomunicações em locais e espaços públicos, como escolas, centros de saúde, bibliotecas, centros comunitários e parques, nos níveis federal e estadual. Nessa administração atual, 101 mil sites foram conectados e espera-se que o nome do programa seja 'Internet para Todos' (Governo do México, 2019).

No entanto, o direito de acesso à Internet não é exercido de maneira justa; a desigualdade de acesso responde a questões de educação, renda, idade e gênero, sendo essas diferenças mais acentuadas em grupos marginalizados (Merino, 2017). Embora não existam dados ou estudos que permitam avaliar a estratégia do Connected Mexico que buscava reduzir o fosso digital, a Pesquisa Nacional sobre Disponibilidade e Uso de Tecnologias de Informação nas Famílias (INEGI, 2019)

fornece algumas diretrizes que indicam que essas desigualdades digitais são ainda consideráveis, embora tenham sido feitos progressos no sentido de reduzi-los.

Nos últimos anos, a média mundial de pessoas com acesso à Internet passou de 10% em 2000 para 50% em 2015, e o México ficou abaixo da média mundial até 2013, quando atingiu uma taxa de 43,5%. Merino (2017) conclui que entre 2010 e 2015 houve um aumento de usuários e residências conectadas; no entanto, é necessário melhorar a situação de alguns lugares, que ainda estão sem o acesso à Internet. Existe grande desigualdade no acesso à Internet e, portanto, no conhecimento, refletindo a desigualdade econômica do país (Merino, 2017).

Essa condição de desigualdade está relacionada à mudança urbana que se entrelaça com a mudança neoliberal, cognitiva e cultural (Scott, 2011). Na cidade global, neoliberal, há uma re-estratificação das classes trabalhadoras: por um lado, um polo integrado pela classe analítica e criativa, e, por outro, um polo formado por uma subclasse de serviço de baixos salários em que trabalhadores realizam atividades informais e muitas vezes subvalorizadas, como manutenção e trabalhos domésticos; sendo que o número deste último está aumentando. Portanto, há uma contradição no que a teoria da cidade criativa busca: tolerância e redistribuição de renda, o que na prática não ocorre (Scott, 2014). Pelo contrário, existem autores que afirmam que existe o risco de que, como não existem mecanismos para os governos investirem em tecnologia avançada que atenda às necessidades de crescimento urbano e seus aspectos socioeconômicos na escala da cidade, a tecnologia seria um intensificador das desigualdades sociais, permanecendo acessível apenas aos setores mais favorecidos da população (Thakuria *et al.*, 2017: 7).

Ferramentas tecnológicas para análise urbana

Como mencionado anteriormente, as TIC e a "Internet of Things" (IoT) foram incorporadas em todas as áreas da vida cotidiana nas últimas décadas e estão presentes em grande parte das atividades econômicas e sociais. Em alguns contextos,

não apenas os processos ou a experiência do usuário foram aprimorados, mas as próprias atividades foram completamente modificadas. Inteligência artificial, robótica e *big data* também têm várias aplicações nas áreas de medicina, mobilidade (por exemplo, veículos elétricos e autônomos), educação, agricultura e impressão 3D. Isso foi chamado de 4ª Revolução ou Era Exponencial, e espera-se que muitas indústrias sejam transformadas ou desapareçam nos próximos 5 a 10 anos, devido à velocidade e magnitude das mudanças geradas; por exemplo, entre as empresas dissolvidas está a Kodak, como consequência do surgimento de câmeras digitais. Além disso, surgiram novos modelos de negócios, como Uber e Airbnb, que são desenvolvidos a partir de um software que reúne todos os processos da atividade, mas a empresa que os controla não investe em veículos ou propriedades (Gollub, 2016).

Na área de mobilidade e transporte, as pesquisas sobre o comportamento humano e a relação entre esses comportamentos ou padrões são afetadas pelas condições individuais. Esta pesquisa foi realizada nas últimas quatro décadas, devido ao interesse em prever a demanda futura de grandes projetos de investimento em transporte. Para esse fim, instrumentos foram usados para coletar informações, como pesquisas de viagens (pesquisas sobre o destino de origem ou O-D) que podem ser acompanhadas por aplicativos de GPS. Esses tipos de pesquisas dependem da participação ativa do usuário e, portanto, são limitados, caros e com amostras relativamente pequenas (Chen, *et al.*, 2016). O rápido desenvolvimento de tecnologias de mobilidade e dispositivos móveis gerou uma grande quantidade de informações 'passivas', já que o usuário as gera involuntariamente, simplesmente por meio de seu telefone celular, ou sem a intenção de usá-las para fins utilitários de consulta. Essa informação chamada *big data* é coletada através da entrada de redes sociais (Facebook, Twitter, WhatsApp); celulares; cartões inteligentes para transporte público; planejadores de rotas e dados de tráfego, como Google Maps, TomTom, My Drive ou Waze. Esses aplicativos permitem que os usuários calculem tempos e rotas de viagem através de um sistema de posicionamento global. Frequentemente, para descrever a

mobilidade, dados de cartões bancários e outros sensores ou dispositivos também são empregados. Existem alguns aplicativos com maior potencial de contribuição devido ao tipo de informação que eles coletam; por exemplo, as informações dos táxis mostram padrões de motoristas, e não de usuários; os cartões inteligentes produzem dados sobre o uso dos modos de transporte; e o uso de telefones celulares fornece maior precisão das informações espaciais e temporais do que as das redes sociais (Chen, *et al.*, 2016; BID, 2019).

Big data fornece informações para um melhor planejamento e, portanto, representa uma entrada particularmente importante para melhorar a infraestrutura e os serviços de transporte. Pode ajudar a analisar diferentes comportamentos de viagem, entre os quais se destacam as questões de gênero (por exemplo, como as mulheres se deslocam no transporte, questões de insegurança, assédio, falta de acesso) que são identificadas, e que podem ser melhoradas. A disponibilidade dos dados ajuda a entender como os usuários se movem e, assim, auxilia na tomada de decisões conscientes sobre sistemas de mobilidade mais eficientes (BID, 2019).

A inteligência digital fornece informações em tempo real para a tomada de decisões, o que economiza tempo e custos. Recentemente, começou a ser aplicado a assentamentos informais, onde instituições oficiais não coletam informações. Consequentemente, a inteligência digital é uma ferramenta inovadora da qual os usuários são uma parte central do sistema, pois são geradores de entradas de informações (BID, 2019). A falta de dados sobre assentamentos informais é um problema no México há muitos anos, uma vez que o Instituto de Estatística, Geografia e Informática (INEGI, na sigla em espanhol) não registra os usos da habitação e da terra que ocorrem em terreno irregular, o que é incompreensível para um país em que se considera que cerca de 50% da área urbana do país foi desenvolvida a partir de assentamentos irregulares.

Portanto, as tendências tecnológicas se concentram no uso da inteligência artificial; a robótica é usada em processos de fabricação e outras atividades como agricultura ou

trabalho doméstico; o big data permite assumir tendências, tomar decisões ou desenvolver políticas nos setores público e privado; a IoT está presente em tudo o que fazemos, porque os objetos podem ser interconectados através de sensores e máquinas que geram todos os tipos de informações para medir, monitorar ou operar dispositivos remotamente, como acontece com veículos autônomos, que terão um papel de liderança no transporte de indivíduos e mercadorias, bem como na ocupação do espaço público. Entre os impactos esperados de seu uso está a diminuição de acidentes e a consequente transformação dos negócios de seguros. Outra mudança substancial está ocorrendo nos sistemas de energia, o que permitirá, por exemplo, a dessalinização da água a custos significativamente baixos e a virtualização de muitos serviços, como educação, comércio e até moeda. Essas mudanças tecnológicas podem transformar os modelos econômicos e sociais de hoje (Prince e Jolíás, 2017).

A evolução da tecnologia se manifesta nas atividades do cotidiano das pessoas, com alterações que geram bem-estar. No entanto, essas mudanças - cada vez mais rápidas - não são assimiladas por grupos vulneráveis porque, como possuem recursos limitados, não podem se adaptar e se beneficiar deles; o que significa que longe de melhorar a situação abrangente de uma comunidade, intensificam as desigualdades existentes. Consequentemente, é necessário construir políticas públicas que permitam a esses grupos vulneráveis melhorar suas condições e, assim, avançar para as próximas fases, reduzindo as diferenças de desigualdade existentes.

Observações finais

A ciência da cidade como uma nova disciplina precisa estabelecer uma estrutura teórica comum em nível internacional que evite gerar diferentes interpretações e mal-entendidos em sua concepção como uma transdisciplina sócio-ecológica-tecnológica. Ele deve ser diferenciado de outros conceitos e campos com os quais está relacionado: cidades inteligentes, ciência urbana, análise urbana e computação urbana.

As escolas de pensamento mais influentes estão localizadas em cidades de países desenvolvidos e, embora tenham produzido estudos sobre os colegas em desenvolvimento, seu trabalho está focado nos países de origem. O grupo de pesquisa do MIT City Science e a CASA se destacam por suas realizações, sob a liderança de Kent Larson (anteriormente de William Mitchell) e de Michael Batty, respectivamente.

Nos centros de pesquisa revisados neste estudo, observa-se como constante o discurso sobre o uso da tecnologia para alcançar cidades mais equitativas. No entanto, existem poucas evidências sobre aplicações concretas para abordar os problemas mais urgentes da urbanização nas cidades mexicanas, em parte, porque esses centros estão localizados em países com economias desenvolvidas que apresentam questões diferentes das que afetam as cidades das economias emergentes.

Na América Latina e no Sul, em geral, ainda existem poucos exemplos de programas de políticas públicas que aplicam tecnologia à análise e resolução de questões populacionais; na maioria das vezes, eles se concentram na vigilância (câmeras em espaços públicos) e na obtenção de dados biométricos para o registro de pessoas (por exemplo, credenciais de eleitor do Instituto Nacional Eleitoral do México), mas existem poucos esforços palpáveis para melhorar a qualidade de vida das comunidades. Este último deve ser a orientação dos projetos de pesquisa em ciências da cidade na região.

Em resumo, o desafio das mudanças tecnológicas no contexto das economias em

desenvolvimento está ligado a transformações regulatórias e institucionais. Envolve novos modelos de negócios e políticas públicas que geram incentivos para o desenvolvimento tecnológico e seu acesso justo pelos diferentes grupos populacionais. Nesse sentido, três desafios são apresentados para o desenvolvimento de uma ciência da cidade, nas cidades da América Latina: gerar um referencial teórico de referência para a ciência da cidade na região, utilizar os recursos limitados existentes nas cidades de maneira eficiente e dedicar a tecnologia a um uso diferente daquele a que o estado a destinou: vigilância e controle de os cidadãos.

A atual pandemia causada pelo COVID-19 está demonstrando como a adaptação a novos modos de vida e trabalho através do uso da tecnologia é relativamente mais fácil para certos grupos socioeconômicos da população e como, ao contrário, está afetando grupos mais vulneráveis que apresentam, intrinsecamente, maior risco em questões financeiras e de saúde (Bergamini, 2020).

Temos aproximadamente 70 mil anos habitando a Terra e nos concebendo como seres cognitivos, mas essa qualidade não nos torna melhores que nossos ancestrais primatas; atingimos graus exponenciais de desenvolvimento tecnológico, o que nos deixa a um passo de criar seres potencialmente mais inteligentes que nós; no entanto, não nos ajudamos a alcançar uma sociedade mais justa e respeitosa com o meio ambiente. É hora de realizá-lo através da tecnologia, através da ciência da cidade.

Notas

¹ Perspetiva traduzida por Fernanda C. Ventrorm.

Referências

Albino V., Berardi, U., & Dangelico, R.M. (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.

Batty, M., et al. (2012) Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.

Batty, M. (2013) *The New Science of Cities*, Cambridge Massachusetts: MIT.

Bergamini, E. (2020) *How COVID-19 is laying bare inequality*. Disponível em: <https://www.bruegel.org/2020/03/how-covid-19-is-laying-bare-inequality/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].

Workshop BID (2019) *Presentación de Resultados del Toolkit: Big Data a partir del uso de datos de celulares aplicados a la movilidad*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ksq62-5PeCE> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].

- Castells, M. (2010) Globalization, Networking, Urbanization: Reflections on the Spatial Dynamics of the information Age. *Urban Studies*, 47(13) 2737-2745.
- Center for Spatial Planning, Analytics and Visualization (2020) Georgia Institute of Technology - College of Design. Disponível em: <https://cspav.gatech.edu/> [Consultado em: 14 de janeiro de 2020].
- City Science, Media Lab (2019) *Overview: Massachusetts Institute of Technology, MIT*. Disponível em: <https://www.media.mit.edu/groups/city-science/overview/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Chen, C. et al. (2016) The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation Research Part C*, 68, 285-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.04.005>
- Datta, A., & Odendaal, N. (2019) Smart cities and the banality of power. *Environment and Planning D: Society and Space*, 37(3), 387-392. doi:<https://doi.org/10.1177/0263775819841765>
- Eisler, R. (1998). *El Cáliz y la Espada*. México, Editorial Pax, Cuatro Vientos Editorial.
- Gobierno de México (2019). *México Conectado*. Disponível em: <https://www.gob.mx/mexicodigital/articulos/mexico-conectado> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Gollub, U. (2016). *How the future will look like*. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/how-future-look-like-udo-gollub/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Gómez et. al. (2019). Proyecto curricular para la conformación del programa de Maestría en Ciencia de la Ciudad (MCCd). Universidad de Guadalajara. Documento de trabalho não publicado.
- Harari, Y.N. (2018) *De animales a Dioses: Breve historia de la humanidad*. 12ª. ed., Buenos Aires: Debate.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2019). Encuesta Nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares (ENDUTIH). Disponível em: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Merino, J. (2017). *México conectado: más internautas, mismas brechas*. Horizontal, Enero 25, 2017. Disponível em: <https://horizontal.mx/mexico-conectado-mas-internautas-mismas-brechas/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Mitchell, W. (2007). *Intelligent Cities*. UOC Papers e-Journal on the Knowledge Society. Disponível em: www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/mitchell.pdf [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Mumford, L. (1961). *The city in history: Its origins, its transformations, and its prospects* (Vol. 67). Houghton Mifflin Harcourt.
- Prince A. e Jolías L. (2017) Tendencias Tecnológicas. Colección CICOMRA. Cámara de informática y Comunicaciones de la República Argentina. Buenos Aires: Autores de Argentina. Disponível em: <https://cicomra.org.ar/documentos/>. [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Real Academia Española, RAE (2019) Disponível em: <https://dle.rae.es/tecnologia%C3%ADa?m=&e=> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].
- Scott, A. J., (2011). Emerging cities of the third wave. *City*, 15(3-4), 289-321.
- Scott, A. J., (2014). Beyond the Creative City: Cognitive-Cultural Capitalism and the New Urbanism. *Regional Studies*, 48:4, 565-578.
- Shaheen S., & Cohen, A. (2017). *Smart Cities and the Future of Transportation*. University of California Berkeley. Disponível em: <https://www.move-forward.com/smart-cities-and-the-future-of-transportation/> [Consultado em: 18 de novembro de 2019].

Big Data and Urban Analytics: City Science in Developing Economies

Mayra Gamboa González^a  e Juan Ángel Demerutis Arenas^b 

^a University of Guadalajara, College of Art, Architecture and Design Planning and Urbanism Department, Guadalajara, Jalisco, Mexico. Email: mayra.gamboa@academicos.udg.mx

^b University of Guadalajara, College of Art, Architecture and Design Planning and Urbanism Department, Guadalajara, Jalisco, Mexico. Email: juan.demerutis@cuaad.udg.mx

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.171>

Technology as an Inseparable Element of the Cognitive Being and the Smart City as its Expression on the Territory

Technological development is a characteristic that has accompanied humanity throughout its history. Its origin could be located from the evolution of man as a cognitive being (*Homo sapiens*), interpreting technology in accordance with the definition of the Real Spanish Academy (Spanish: Real Academia Española or RAE), as the set of theories and techniques that allow the practical use of scientific knowledge, as well as the set of industrial instruments and procedures of a given sector or product (Royal Spanish Academy, RAE 2019).

In his transcendental work *From Animals into Gods: A Brief History of Humankind*, Harari (2018) distinguishes three important revolutions in the history of humanity: the cognitive revolution that marks the beginning of history approximately 70,000 years ago; this is located at the beginning of the era of the *H. sapiens* species, when human cultures emerged. The second is the agricultural revolution, between 12,000 and 5,000 years ago, when some authors place the origin of the first human settlements as villages and towns in Neolithic societies that lived closely with the Nature-Mother Goddess (Eisler, 1998, Mumford, 1961). And the third is the scientific revolution that began only 500 years ago, which gave rise to the Age of Enlightenment and the industrial revolutions of the 18th century to the present day.

These three revolutions have brought significant changes in the way we humans have developed as a species, and to our relationship with other organisms and the

environment. From this analysis we turn out looking not so well in relation to the level of development and power that we have reached, which, according to the author, makes us akin to gods, with similar powers of creation and destruction, but with little understanding of what to do with that power, in addition to an awfully bad relationship with our habitat and natural environment. The technological advances which we are witnessing are not equally distributed, and this fact does not assert us as a better species; on the contrary, according to Harari (2018) there is great uncertainty regarding the future of the *H. Sapiens*, our species, since it is not clear if we will be able to evolve towards becoming gifted beings with different consciences and feelings, in comparison with the way in which we currently know and understand them or if, by contrast, the use of technology will fragment us into increasingly unequal societies, with the predominance of some groups over others.

This technological, economic, and cultural development transferred to the physical expression of the territory has generated a current growth model for the city that is one of accelerated, disconnected, and dispersed urbanization. It is a model where the use of private vehicles prevails, and where public transport expenses are high due to the great distances traveled to access sources of employment, education, and other basic and recreational services. There is a poor distribution and coverage of infrastructure and equipment services, as well as a proclivity towards a horizontal housing model which does not help to generate sustainable living conditions. This translates into a state of inequality, as there is a lack of

access to opportunities; a situation whose underlying problem is on the rise and that mainly affects the lower-income population, who are typically excluded and pushed towards the outskirts of the cities where land for housing is affordable.

Castells (2010) establishes among the characteristics that delineate the causes of spatial dynamics and, therefore, the urban form of the global network society, the close interaction between the technological transformation of society and the evolution of its spatial form. In other words, technology not as a determining factor, but rather as a facilitator of new social structures. So, what should be the form in the future? One that reflects a more democratic society, in Scott's terms (2014).

Mostly in the last decade, the rise of information and communication technologies (ICTs) has permeated all the scenarios of daily life in order to make the city more efficient, to the point that now there is an "abuse" of the term 'Smart City'.

The connotation of the intelligent city is not new. In the past, there have been different approaches that address the study of the city as an organic entity, which is structured from networks and flows (Batty, 2013). According to Mitchell (2007), at the beginning of the 21st century and derived from a series of technological and communication advances, cities have been made up of a series of subsystems similar to living organisms that allow them to respond as such, in an intelligently coordinated manner. According to the author, the intelligence in the cities resides in the effective combination of digital telecommunications and transport infrastructure (nervous system), the embedded intelligence which is present everywhere (brains), the sensors (sensory organs), and the software (knowledge and cognitive competence).

However, the concept of the smart city surfaced just at the beginning of the millennium as a merging of ideas about how information and communication technologies could improve the functioning of cities, to make them more efficient and competitive, and to provide new ways to address the issues of poverty, social deprivation and

polluted environments as premises of care to improve the quality of life (Batty et.al, 2012, p. 483).

Smart cities are typically defined as those which rely on the use of information tools and communication technologies (ICTs) for smarter, and therefore, more efficient performance of resources, which translates into energy savings, and improvements in services and in the overall quality of life, while reducing adverse impacts on the environment (Shaheen & Cohen, 2017).

Albino, Berardi and Dangelico (2015) trace the use of the term smart city for the first time in the 90s, related to the employment of new ICTs. This concept has become popular in scientific literature and in international politics, where it is recognized that cities are key elements for the future, due to their role in social and economic aspects, but the serious impact that they have generated on the environment is also acknowledged. This poor environmental performance is one of the pillars that support the arguments for smart growth, so that cities develop new ways to meet these challenges. In this sense, the concept of smart city is not limited only to the application of technologies in the cities, but it takes it to other areas, which has created confusion among public policy makers seeking to make their cities smarter.

According to Peter Hall and Kathy Pain (cited in Castells, 2010), in the knowledge economy "advanced or specialized" services are the dynamo of urban growth, wealth and power, and it is one of the reasons that explain the phenomenon of metropolitan concentration. These types of services are mainly concentrated in the urban centrality and in well-connected areas. In other words, the phenomenon of intra-urban inequality is present in both developed and developing economies, this regarding who can take advantage of the services and the knowledge economy.

A New Transdisciplinary Urban Science

After a literature review on smart cities, other apparently related concepts and disciplines appear, such as city science, urban science, computer science or urban analytics, among others. This is noteworthy, as it indicates that

there is no consensus in the definition of smart cities, and neither is there a conceptual framework for these new meanings. However, the following examination will attempt to make an initial approach and to establish distinctions with respect to what is referred to as the smart city.

In the City Science perspective, cities are considered as complex systems of systems which are not predictable and which are based on the understanding of these systems of networks and flows that interact with the objects within them (Siller, 2015). To study the city, other sciences are required, such as social physics, urban economics, transport theory, and urban geography. Additionally, the analysis relies on technological tools such as simulation methods to predict interactions between variables and flows, and thereby help in future decision-making concerning the cities (Batty, 2013).

One of the distinctions made by the proponents of city science with respect to the conceptualization of the smart city, is that in the use of technological and information tools it is attempted to understand the needs and habitual dynamics of the population, thereby identifying urban issues to generate impact simulation instruments that help consensus decision-making, involving more actors (e.g., citizens), and contributing to achieve more humane cities.

The science of the city is proposed as a structural construction towards the transdisciplinary vision to understand urban phenomena as a complex object, as is the case of the city (Gómez et.al, 2019). It is about shifting from an interdisciplinary quality, in which a group of disciplines or disciplinary approaches participate, towards a trans-disciplinary fusion, due to the hybrid character of the disciplinary framework that makes up the science of cities (Wilson 2012, Batty, 2013, cited in Gómez et.al, 2019). This encompasses from the theories that build the complexity paradigm (chaos theory, systems theory, among others) to recognized disciplines such as social physics, urban economics, urban sociology, among others (Batty, 2013).

This conception of the city as a complex system is consistent with the interdisciplinary

approach of the socio-eco-technological systems (SETs) (McPhearson et al, 2016; Van der Leer et al, 2019, cited in Gómez et.al, 2019). In this approach, the social subsystem encompasses the economic, political, cultural, and biosocial socio-systems, whose components are fundamentally individuals or human organizations related to each other and to the other subsystems through actions, interactions, and transactions. The ecological-territorial subsystem, in turn, includes natural systems that act in two ways, since they function as a territorial support or hinterland of the other subsystems, enabling conditions for their production and reproduction, and at the same time they are intervened by social agents. And the third, the techno-infrastructurel subsystem, or the collection of systems made up of human agents and devices (transport systems, energy generation and distribution, urban management and governance, equipment, etc.) that mediates between the previous subsystems in terms of transformation (production, manufacturing or execution of processes) or control, such as organization, management and regulation of processes and systems.

Consequently, the city science promotes the scientific interdisciplinarity destined to the generation and application of knowledge along with the technological interdisciplinarity destined for cognitive interventions; that is, it involves both the hybridization of disciplines directed to basic and applied research, and the fusion of technological disciplines oriented to the design of systems and processes, among which urban administration stands out (Gómez, et al. 2019).

Although some similarities and differences are perceived in the different definitions of concepts, the proponents of the new city science make some distinctions with respect to smart cities, to direct this approach towards the study of urban issues as network systems and interconnected flows (Batty, 2013). However, what the proponents of smart cities and the city science agree on, is that both approaches seek to improve the conditions of habitability in the city in a more efficient way. That is, improvements in

infrastructure, provision of services, mobility, even the production of more inclusive societies.

Among the applied research centers in the city science field (also called urban science or smart city science) where new technologies for spatial and urban analysis are being developed, the following stand out:

- The City Science research group of the Massachusetts Institute of Technology (City Science-MIT Media Lab, formerly called Changing Places Group and successor to the extinct Smart Cities group that operated from 2003-2010). This center is geared towards the research of new models of urban architecture (flexible spaces to live and work) along with the design of personal and autonomous vehicles that better respond to unique individual needs through intelligent personalization. They develop technology intended to understand and respond to human, environmental, and market dynamics. They also work on the development of autonomous and real-time information systems for personal decision-making, as well as interfaces to persuade people to adopt sustainable behaviors. The lines of research address three areas: places to live and work (Changing Places), urban modeling, simulation, and prediction (City Scope) and mobility on demand (PEV-Persuasive Electric Vehicle). This research group has created an international network of collaborations with cities where City Science laboratories have been installed, including, but not limited to: Andorra, Toronto, Hamburg, Shanghai, Taipei, and Aalto. The perspective of this group is to develop collaborations in rapidly growing cities in Latin America, Africa and India in the coming years, where the greatest challenges and impacts of urbanization are expected to occur in the future (City Science, Media Lab, 2019).
- New York University's Center for Urban Science and Progress (CUSP). Established in 2012, CUSP is an interdisciplinary research center which applies the STEM approach in the service of urban communities by employing data-driven solutions and technology for complex urban problems. It is an academic collaboration with New York City that seeks to improve urban services, optimize local government decision-making processes, create smart urban infrastructures, as well as address challenges such as crime, environmental pollution, and public health. The center collects, integrates, and analyzes information (data) from different agencies to understand and improve urban systems and quality of life. CUSP asserts the objective of helping the cities of the world to be more productive, more livable, more equitable and resilient; it also states to oversee the research agenda for the science of cities. The center combines specialists from various disciplines in the areas of physics and natural sciences; computing and data science; social sciences, engineering, and other professional fields such as politics, design, and finance (Center for Urban Science and Progress, 2019).
- The Bartlett Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA) of the University College of London. Established in 1995 to lead the development of smart city science, it focuses on the application of computational models, data visualization techniques, innovative sensor technologies, mobile applications, and urban theory linked to urban systems. The researchers of the center carry out spatial analysis, using geographic information systems and other forms of representation of space and time data. They employ a wide range of methods: from social physics to econometrics; along with statistical

- models, which go from augmented reality and hyper-local sensing, to crowdsourced data collection. The approach is multidisciplinary, applied to create constructive models, visualize big data, and develop new methods for collecting, analyzing, and communicating information. At CASA, systems theory and complexity sciences constitute the theoretical framework for their investigations; visualization technologies, computational human interaction and data analysis are employed for the development of projects. This center offers solutions to the problems of resource efficiency, planning and effective governance in cities to make them better places to live. CASA involves researchers from different training backgrounds such as architects, geographers, mathematicians, physicists, archaeologists, and computer scientists (The Bartlett Center for Advanced Spatial Analysis, CASA, 2019).
- The Urban Informatics group in the Queensland University of Technology was founded in 2006. In their work they apply various established and novel methods of research with the purpose of identifying challenges and opportunities in urban environments. They are based on sociocultural, economic, ecological, and technological spheres. The group collaborates with different individual actors, communities and organizations from the public, private and social sectors. The objective of their research projects is to study and co-create urban futures that are more livable and equitable, ensuring that the results have an impact on the community. The researchers of the group come from different areas: humanities and social sciences; design, planning and architecture; human-computer interaction, information technology and computer science.
 - The Urban Analytics Lab at the National University of Singapore is an interdepartmental and multidisciplinary research group that was established in 2019. They focus on urban analytics, geographic data science, and 3D city modeling. Their projects are linked to the disciplines of architecture, urban planning, and real estate development. For the development of their studies they use infrastructure, geospatial and urban computing technology (geomatics, data standardization, data quality, machine learning and geographic information systems) (Urban Analytics Lab, 2019).
 - The Center for Spatial Planning Analytics and Visualization of the Georgia Institute of Technology. This Center, previously called the Center for Geographic Information Systems, has been dedicated to the development of geospatial technologies for nearly 20 years. In it, the researchers seek to create a symbiosis between technology and data management so that public policies build arguments in the decision-making phase to carry it out in an informed way. Their work revolves around various disciplines such as: transportation, urban planning, conservation (land and animals), renewable energy, green areas, and the environment.
 - The UN Technology Innovation Labs (UNTILs). They focus on the use of innovative technology to solve some of humanity's most pressing needs, and because they belong to the United Nations, their analyzes are always aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). Each laboratory is based on different humanitarian themes that are central according to the specific location. Currently there are four: Egypt, India, Finland, and Malaysia. Unlike the other research centers of academic constitution listed in this section, these laboratories have been created with the auspices of the

national governments of each headquarters, which must regulate the participation and collaboration of other actors, such as research centers and private sector entities (some are located in technology and / or business hubs) or startups (United Nations Technology Innovation labs, 2019).

These research centers have in common, to a greater or lesser degree, the development of basic and applied science to urban problems; synergy with other sectors or local actors such as governments, civil society, and industry; as well as interdisciplinarity. Among their objectives is the search for efficiency and equity in cities. However, except for the recent UN laboratories (UNTILs), most of them are located in cities of developed economies where these issues are not comparable to those of the Global South and Latin America in particular.

A Science for Rich Cities or to Alleviate Poverty and Inequality?

One of the arguments that the city science promoters establish is that not only do new technologies and applications revolutionize the way of doing things, facilitate activities and improve the productivity of companies, but they also provide greater social inclusion (Prince & Jolíias, 2017). However, are these advantages possible for emerging economies in contexts of scarcity of resources, low educational level of the population, unmet basic needs, insecurity, lack of information, among other concerns?

There is a great digital divide in Mexico, and to bridge it not only are economic resources required, but changes in our institutions are also necessary. These changes seem particularly out of date with the rapid technological transformations taking place worldwide.

In the Mexican Constitution, internet access is established as a right so that all citizens are well informed. In 2013, during the last federal administration, the Connected Mexico government project (in Spanish: México Conectado) was launched specifically to address this constitutional right and guarantee access to broadband

internet service. For this purpose, telecommunication networks were established in public places and spaces such as schools, health centers, libraries, community centers or parks at the federal state and municipal levels. In that administration, 101 thousand sites were connected, and in the current government the name of the program is expected to be Internet for All (Government of Mexico, 2019).

Nevertheless, the right of access to the internet is not exercised in an equitable way; access inequality responds to issues of education, income, age, and gender, with these differences being more accentuated in marginalized groups (Merino, 2017). Although there are no data or studies that allow evaluating the strategy of Connected Mexico that sought to reduce the digital divide, the National Survey on Availability and Use of Information Technologies in Households (INEGI, 2019) provides certain guidelines which indicate that these digital inequalities are still considerable, although progress has been made towards reducing them.

In recent years, the world average of people with internet access went from 10% in 2000 to 50% in 2015, and Mexico was below the world average until 2013, when it reached a 43.5% user penetration rate. Merino (2017) concludes that between 2010 and 2015 there was an increase in users and connected homes; however, places with less internet access have yet to see this situation improved. There continues to be great inequity in internet access and therefore knowledge, reflecting the country's economic inequality (Merino, 2017).

This condition of inequality is related to the urban change that is intertwined with neoliberal, cognitive, and cultural change (Scott, 2011). In the global, neoliberal city, there is a re-stratification of the working classes: on the one hand, a pole integrated by the analytical and creative class, and on the other, a pole made up of a subclass of low-wage service workers who perform informal and often undervalued activities, such as maintenance and housework; the number of the latter is increasing. Therefore, there is a contradiction in what the creative city theory

pursues: tolerance and redistribution of income, which in practice does not occur (Scott, 2014). On the contrary, there are authors who affirm that there is a risk that, since there are no mechanisms for governments to invest in advanced technology that meets the needs of urban growth and its socioeconomic aspects at the city scale, then technology would be a intensifier of social inequalities, remaining accessible only to the most advantaged sectors of the population (Thakuriah et al. 2017: 7).

Technological Tools for Urban Analysis

As mentioned before, ICT and the Internet of Things (IoT) have been incorporated in all areas of daily life in recent decades, and they are present in a large part of economic and social activities. In some contexts, not only have processes or user experience been improved, but activities themselves have been completely modified. Artificial intelligence, robotics and big data also have several applications in the areas of medicine, mobility (e.g., electric and autonomous vehicles), education, agriculture, and 3D printing. This has been called the 4th Revolution or the Exponential Era, and many industries are expected to be transformed or to disappear in the next 5-10 years, due to the speed and magnitude of the changes generated and to come -among the dissolved companies is Kodak, as a consequence of the emergence of digital cameras. Furthermore, new business models have appeared, such as Uber and Airbnb, which are developed from a software which unites all the processes of the activity, but the company that controls them does not invest in vehicles or properties (Gollub, 2016).

In the area of mobility and transportation, research on human behavior, and the relationship between these behaviors or patterns are affected by individual conditions. This research has been carried out in the last four decades, due to the interest in predicting the future demand of large investment projects in transportation. For that purpose, instruments have been used to collect information, such as travel surveys (Origin-Destination surveys or O-D) that can be accompanied by GPS applications. These

types of surveys depend on active user participation, and therefore are limited, expensive, and with relatively small samples (Chen, et al. 2016). The rapid development of mobility technologies and mobile devices has generated a large amount of 'passive' information, since the user generates it involuntarily, simply by means of their cell phone, or without intending to use it for utilitarian purposes of inquiry. This information called big data is collected through social networks input (Facebook, Twitter, WhatsApp); cell phones; smart cards for public transportation; route planners, and traffic data such as Google Maps, TomTom, My Drive or Waze. These applications allow users to calculate travel times and routes through a Global Positioning System. Often, to describe mobility, data from bank cards and other sensors and devices are also employed. There are some applications with greater contribution potential due to the type of information they collect; for example, the information from taxis show patterns of drivers, rather than of users; smart cards yield data on the use of transport modes, and the use of cell phones provides greater precision of spatial and temporal information than that of the social networks (Chen, et al, 2016; IDB, 2019).

Big data provides information for better planning, and therefore represents a particularly important input to improve transportation infrastructure and services. It can help analyze different travel behaviors, among which gender issues stand out (e.g., how women move in transport, issues of insecurity, harassment, lack of access) which are identified and can be improved. The availability of the data helps understand how users move and thus assists in making conscious decisions on more efficient mobility systems (IDB, 2019).

Digital intelligence provides real-time information for decision-making, which saves time and costs. It has recently started to be applied to informal settlements, where official institutions do not collect information. Consequently, digital intelligence is an innovative tool of which users are a central part of the system, as they are the generators of information inputs (IDB, 2019). The lack of data on informal

settlements has been a problem in Mexico for many years, since the Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI, in its Spanish acronym) does not record the housing and land uses that take place on uneven ground, which is incomprehensible for a country in which it is considered that about 50% of the urban area of the country has been developed from irregular settlements.

Hence, technological trends focus on the use of artificial intelligence; robotics is used in manufacturing processes and other activities such as agriculture or housework; big data allows to assume trends, make decisions or develop policies in the public and private sectors; the IoT is present in everything we do, because objects can be interconnected with each other through sensors and machines that generate all kinds of information to measure, monitor or operate devices remotely, as it is happening with autonomous vehicles, which will play a leading role in the transport of individuals and goods, as well as in the occupation of public space. Among the expected impacts of their use is the decrease in accidents and the consequent transformation of insurance businesses. Another substantial change is taking place in energy systems, which will allow, for example, the desalination of water at significantly low costs and the virtualization of many services such as education, commerce and even currency. These technological changes can transform the economic and social models of today (Prince and Jolías, 2017).

The evolution of technology is manifested in the activities of people's daily lives, with alterations that generate welfare. However, these changes -certainly increasingly rapid, are not assimilated by vulnerable groups because, since they have limited resources, they cannot adapt to and benefit from them; which means that far from improving the comprehensive situation of a community, they intensify existing inequalities. Consequently, it is necessary to build public policies that allow these vulnerable groups to improve their conditions and thus move to the next phases, reducing the prevailing inequality gaps.

Concluding remarks

City science as a new discipline needs to establish a common theoretical framework at an international level which avoids generating different interpretations and misunderstandings in its conception as a socio-ecological-technological transdiscipline. It must be distinguished from other concepts and fields with which it is related: smart cities, urban science, urban analytics, and urban computing.

The most influential schools of thought are situated in cities of developed countries, and although they have produced studies about their developing counterparts, their work is focused on their countries of origin. The MIT City Science research group and CASA stand out for their achievements, under the leadership of Kent Larson (formerly of William Mitchell) and of Michael Batty, respectively.

In the research centers reviewed in this study, the discourse on the use of technology to achieve more equitable cities is observed as a constant. Nevertheless, there is scarce evidence on concrete applications to address the most pressing problems of urbanization in Mexican cities, this, in part, because these centers are located in countries with developed economies which feature different issues from the ones afflicting cities of emerging economies.

In Latin America and the Global South in general, there are still few examples of public policy programs that apply technology for the analysis and resolution of population issues; for the most part they focus on surveillance (cameras in public spaces) and on obtaining biometric data for the registration of people (e.g., voter credentials from the National Electoral Institute in Mexico), but there are few palpable efforts to improve the quality of life of the communities. The latter should be the orientation of city science research projects in the region.

In summary, the challenge of technological change in the context of developing economies is linked to regulatory and institutional transformations. It involves new business models and public policies that generate incentives for technological development and its equitable access by the

different population groups. In this regard, three challenges are presented for the development of a city science in Latin American cities: to generate a theoretical framework of reference for city science in the region, to utilize the limited resources existing in the cities in an efficient manner, and to dedicate technology to a different use from that which the state has destined it to: surveillance and control of the citizens.

The current pandemic caused by COVID-19 is demonstrating how adaptation to new ways of life and work through the use of technology is relatively easier for certain socioeconomic groups in the population, and how, in contrast, it is affecting more vulnerable groups that are intrinsically more

at risk in health and financial matters (Bergamini, 2020).

We have approximately 70 thousand years of inhabiting the earth and of conceiving ourselves as cognitive beings, but this quality does not make us better than our primate ancestors; we have reached exponential degrees of technological development, which leave us one step away from creating beings that are potentially more intelligent than us; however, we have not helped ourselves towards achieving a society that is more equitable and more respectful of our environment. It is time that we accomplish it through technology, through the science of the city.

Reference

- Albino V., Berardi, U., e Dangelico, R.M. (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Batty, M., et al. (2012) Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- Batty, M. (2013) *The New Science of Cities*, Cambridge Massachusetts: MIT.
- Bergamini, E. (2020) *How COVID-19 is laying bare inequality*. Available in: <https://www.bruegel.org/2020/03/how-covid-19-is-laying-bare-inequality/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Workshop BID (2019) *Presentación de Resultados del Toolkit: Big Data a partir del uso de datos de celulares aplicados a la movilidad*. Available in: <https://www.youtube.com/watch?v=Ksq62-5PeCE>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Castells, M. (2010) Globalization, Networking, Urbanization: Reflections on the Spatial Dynamics of the information Age. *Urban Studies*, 47(13) 2737-2745.
- Center for Spatial Planning, Analytics and Visualization (2020). *Georgia Institute of Technology - College of Design*. Available in: <https://cspav.gatech.edu/> [Consulted on: January 14th, 2020].
- City Science, Media Lab (2019). *Overview: Massachusetts Institute of Technology, MIT*. Available in: <https://www.media.mit.edu/groups/city-science/overview/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Chen, C. et al. (2016). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation Research Part C*, 68, 285-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.04.005>
- Datta, A., e Odenaal, N. (2019) Smart cities and the banality of power. *Environment and Planning D: Society and Space*, 37(3), 387-392. doi:<https://doi.org/10.1177/0263775819841765>
- Eisler, R. (1998). *El Cáliz y la Espada*. México, Editorial Pax, Cuatro Vientos Editorial.
- Gobierno de México (2019). *México Conectado*. Available in: <https://www.gob.mx/mexicodigital/articulos/mexico-conectado>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Gollub, U. (2016). *How the future will look like*. Available in: <https://www.linkedin.com/pulse/how-future-look-like-udo-gollub/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Gómez et. al. (2019). Proyecto curricular para la conformación del programa de Maestría en Ciencia de la Ciudad (MCCd).

- Universidad de Guadalajara. Unpublished working document.
- Harari, Y.N. (2018). *De animales a Dioses. Breve historia de la humanidad*. 12^a. ed., Buenos Aires: Debate. Tradução: Joandoméneec Ros.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. (2019). *Encuesta Nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares (ENDUTIH)*. Available in: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Merino, J. (2017). *México conectado: más internautas, mismas brechas*. Horizontal, Enero 25, 2017. Available in: <https://horizontal.mx/mexico-conectado-mas-internautas-mismas-brechas/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Mitchell, W. (2007). *Intelligent Cities*. UOC Papers e-Journal on the Knowledge Society. Available in: www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/mitchell.pdf. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Mumford, L. (1961). *The city in history: Its origins, its transformations, and its prospects* (Vol. 67). Houghton Mifflin Harcourt.
- Prince A. e Jolías L. (2017) Tendencias Tecnológicas. Colección CICOMRA. Cámara de informática y Comunicaciones de la República Argentina. Buenos Aires: Autores de Argentina. Available in: <https://cicomra.org.ar/documentos/>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Real Academia Española, RAE (2019). Available in: <https://dle.rae.es/tecnologia?m=&e=>. [Consulted on: November 18th, 2019].
- Scott, A. J. (2011). Emerging cities of the third wave. *City*, 15(3-4), 289-321.
- Scott, A. J. (2014). Beyond the Creative City: Cognitive-Cultural Capitalism and the New Urbanism. *Regional Studies*, 48:4, 565-578.
- Shaheen S., e Cohen, A. (2017). *Smart Cities and the Future of Transportation*. University of California Berkeley. Available in: <https://www.move-forward.com/smart-cities-and-the-future-of-transportation/>. [Consulted on: November 18th, 2019].

Big Data e Urban Analytics à brasileira: questões inerentes a um país profundamente desigual

Flávia da Fonseca Feitosa 

Universidade Federal do ABC, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão do Território, São Bernardo do Campo, SP, Brasil. Email: flavia.feitosa@ufabc.edu.br

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.141>

A crescente presença das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no cotidiano dos indivíduos vem provocando transformações profundas na sociedade, permeadas por novas formas de interação baseadas na intensa produção e uso de informações. Numa sociedade na qual a informação é matéria-prima essencial (Castells, 1999), o termo *big data*, ainda que associado a discursos frequentemente vagos e fragmentados, assumiu papel de destaque no âmbito empresarial, governamental e acadêmico. *Big data* remete, por si, à questão dos grandes volumes de dados estruturados e não estruturados constantemente produzidos na sociedade da informação.

Evidentemente, o potencial do *big data* só é atingido quando associado a processos que convertam grandes volumes de dados variados e velozes em informações relevantes, capazes de subsidiar tomadas de decisão. Tais processos demandam avanços não apenas no gerenciamento dos dados, mas também nas técnicas de análise. Consulta realizada na plataforma *Google Trends* revelou que o interesse mundial pelo termo *big data*, que vinha em ascendência desde o início da década de 2010, atingiu certa estabilidade a partir de 2017 (Figura 1). Concomitantemente, termos como *data science* e *data analytics* permanecem em

trajetória ascendente, tendo o termo *data science*, inclusive, despertado mais interesse do que *big data* desde 2018.

Estaria o entusiasmo com *data science* e *data analytics* associado a novas roupagens para técnicas já estabelecidas em análise de dados? Em parte. Cabe, entretanto, reconhecer que os desafios inerentes à análise dos dados produzidos nos dias atuais, cada vez mais volumosos e complexos, vêm atribuindo a esses termos um significado fortemente associado à interdisciplinaridade, que combina campos como os da matemática, da estatística e da ciência da computação.

No campo específico do planejamento e gestão urbana, os termos *smart cities* e *urban analytics* ganharam destaque, embora o primeiro venha despertando ceticismo no meio acadêmico da área de planejamento. Söderström et al. (2014) destacam como o conceito de *smart cities* foi mobilizado em narrativas delineadas por grandes corporações de tecnologia da informação (TI). Para os autores, tais narrativas concebem a cidade como um sistema de sistemas e reciclam um discurso utópico voltado a apontar patologias urbanas bem como sua “cura”, que, por sua vez, envolve altos investimentos em TI e fortalece a posição dessas corporações no mercado.

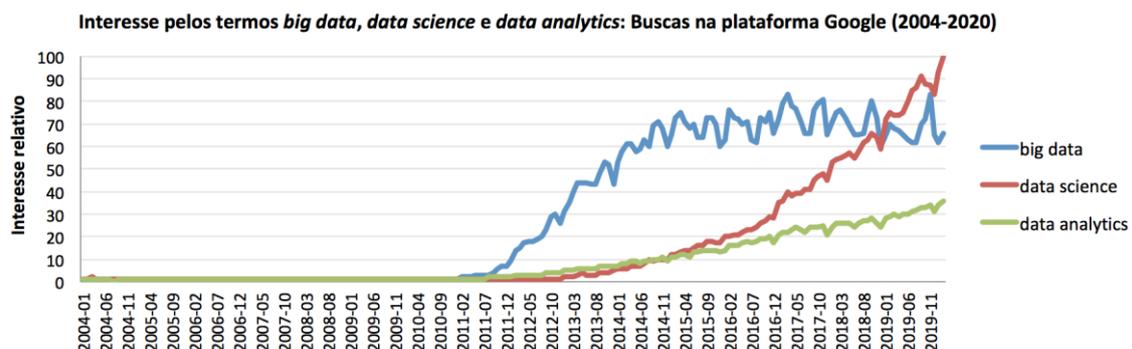


Figura 1. Interesse pelos termos *big data*, *data science* e *data analytics* segundo consultas realizadas na plataforma *Google* no período de 2004 a 2020 (fonte: *Google Trends*, 02/03/2020).

Em todo caso, independente das críticas relacionadas ao caráter comercial, as iniciativas *smart* permanecem, na prática, mais associadas ao gerenciamento de serviços urbanos e a demandas de curto prazo.

A *Urban analytics*, por sua vez, vem despontando como um campo emergente no ambiente acadêmico, fortemente associado a pesquisas que promovam olhares inovadores sobre fenômenos e dinâmicas urbanas. O entusiasmo reflete-se no surgimento recente de inúmeros programas de pós-graduação em *urban analytics* no Reino Unido (*University of Glasgow, University College London, University of Warwick, Manchester Metropolitan University*), Estados Unidos (*New York University, Northeastern University*) e Hong Kong (*University of Hong Kong*).

Goodchild, em citação incluída nas páginas iniciais do livro *Urban Analytics* de Singleton e colegas, relaciona o campo a uma nova modalidade de pesquisa urbana, que “explora os novos vastos recursos de dados que estão se tornando disponíveis, nas mídias sociais, *crowdsourcing* e redes de sensores; e utiliza o poder sem precedentes da atual tecnologia computacional” (Singleton et al., 2018, sem página, tradução nossa). Batty (2019), entretanto, flexibiliza a relação entre *urban analytics* e *big data*, afirmando haver espaço para buscar novos sentidos e formas de explorar dados que não são volumosos e nem gerados em tempo real (*small data*). O autor flexibiliza também a própria noção de *big data*, ao sugerir que dados tradicionais, coletados por meio de questionários, podem ser tratados como *big data* sob certas condições, como, por exemplo, em forma desagregada ou combinados com outros dados (Batty, 2016; 2019).

Para Batty (2019), a questão-chave a ser tratada pelo campo de *urban analytics*, a qual representa o grande desafio da área, consiste em avançar para além da análise de dados em si, rumo à construção de novas teorias urbanas – ou nova ciência da cidade – e estratégias para aprimorar o planejamento das cidades. Esse processo deverá, sim, incluir os novos dados, bem como os modelos e métodos pesquisados sob a rubrica da *urban analytics*, mas sempre servindo de base para nos auxiliar a entender, explicar e tratar grandes questões contemporâneas (Batty, 2019).

É relevante que essa reflexão seja realizada também em relação ao contexto brasileiro. A chamada “revolução dos dados” é perceptível em nossas cidades. Mas como ela vem ocorrendo? Qual sua abrangência? De que forma vem avançando rumo a uma melhor compreensão e planejamento das nossas áreas urbanas? Como pode contribuir para entender e tratar de questões cruciais de nossa realidade, dentre as quais se destacam as acentuadas desigualdades em suas múltiplas dimensões?

Big data e Urban Analytics nas cidades brasileiras: novas formas de pensar o urbano? Qual urbano?

O Brasil também tem participado com interesse do debate em torno das transformações promovidas pelas TICs, bem como as possibilidades do *big data* e termos relacionados. Na cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, o ideal comercial de *smartificação* de cidades alcançou um de seus maiores feitos com a construção do Centro de Operações Rio (COR). O COR representa um exemplo de solução *smart* na qual informações em tempo real, provenientes de câmeras e sensores sobre as condições de vários serviços e infraestruturas urbanas, são utilizadas para o monitoramento e otimização do funcionamento da cidade, bem como emissão de alertas e deflagração de protocolos de emergência em situações críticas. As ações de monitoramento e gestão de serviços são complementadas por iniciativas voltadas à comunicação com o público em geral, que vão desde uma sala reservada à imprensa até aplicativos com informações sobre previsão do tempo, transporte e trânsito.

Enaltecimentos e críticas envolvendo as mais distintas perspectivas têm sido realizados em relação à experiência. Cabe, entretanto, salientar uma limitação relevante relacionada ao tema aqui discutido: a excessiva ênfase ao monitoramento, planejamento e ações de curto prazo.

Trata-se de uma observação que não se restringe à realidade do COR e do Rio de Janeiro, tendo sido pertinente a inúmeros outros contextos. Para Batty (2019), o avanço do *big data* tem, de fato, promovido análises de curto prazo sobre como as cidades funcionam e podem ser gerenciadas, em detrimento de um planejamento estratégico de longo prazo. O autor afirma, entretanto,

que esses dados podem se tornar fontes de informação para qualquer horizonte de tempo, desde que considerados períodos muito mais longos de tempo.

No caso específico do COR, a predominância de uma visão de curto prazo reflete-se também nas restrições existentes para armazenamento dos dados, realizado por tempo limitado devido ao grande volume de informações gerado. A incapacidade de armazenar e sistematizar os dados produzidos por longos períodos de tempo restringe estudos futuros voltados à análise de longas séries temporais e desperdiça o real potencial do *big data* e *urban analytics* para um avanço efetivo na compreensão das dinâmicas de nossas cidades e para o planejamento de médio e longo prazo.

Complementarmente, devemos ressaltar a relevância de consolidação de uma política efetiva de abertura dos dados para fins de inovação, seja no âmbito acadêmico, governamental ou da iniciativa privada. Tal política envolve estabelecer uma participação cidadã não apenas na produção e compartilhamento de dados, mas também em sua apropriação e utilização de forma ativa. Algumas iniciativas nesse sentido foram realizadas, incluindo *hackatons*, *living labs* e, mais recentemente, o lançamento do Projeto labGov.RIO, que conta com o apoio do COR, e prevê a construção de um centro de inovação voltado para empreendedores, pesquisadores, desenvolvedores e investidores na área de tecnologia e inovação.

Cabe verificar, entretanto, como e se essas iniciativas vêm atuando positivamente na descentralização do “pensar a cidade” para fins de planejamento. É fundamental que se construam oportunidades de potencializar o retorno dos investimentos públicos realizados na construção e manutenção desse aparato tecnológico na forma de novos conhecimentos sobre as dinâmicas e padrões da cidade bem como efetivas avaliações das ações públicas e seus reflexos sobre a cidade. Assim, será possível subsidiar a elaboração de planos e políticas urbanas bem informadas e com horizontes para além do curto prazo.

Inúmeras questões intersetoriais poderiam ser avaliadas a partir do acesso a séries temporais dos dados produzidos pelo COR. Partindo de uma perspectiva voltada à segurança pública, por exemplo, seria

possível avaliar questões como: considerando distintas escalas temporais (dia/noite, meses e anos), como o perfil das ocorrências policiais vem se modificando territorialmente ao longo do tempo? De que forma vem ocorrendo o atendimento por parte do poder público? Como essas dinâmicas relacionam-se com a evolução de indicadores socioeconômicos, com as transformações na ocupação do território (perfil sociodemográfico, uso do solo etc.) e com o histórico das políticas de uso e ocupação do solo, mobilidade, educação, saúde e segurança? Para quais cenários e desafios devemos nos preparar e planejar?

De maneira geral, a ampla disponibilização dos *big data* - mais especificamente, a conversão de *big data* em *open data* - representa uma questão-chave e urgente a ser tratada. Embora, legalmente, os dados governamentais sejam públicos, sabe-se que, na prática, há muito a se avançar na efetivação de políticas de disponibilização.

Cabe ressaltar, ainda, que parcela significativa dos grandes dados gerados na atualidade não estão sob domínio de instituições públicas, mas sim privadas. O aumento da relevância dos *big data* tendem a aumentar o protagonismo da iniciativa privada na produção de dados, o que nos leva a maiores dificuldades de abertura dos dados e incertezas sobre as finalidades dos usos dos mesmos. A abertura dos *big data* representa um passo fundamental para compartilhar o poder atribuído aos detentores de dados e informações, o que, por conseguinte, também implica na democratização e potencialização de seu uso.

Outro problema recorrente, também relacionado à disponibilização dos *big data*, diz respeito à fragmentação e descontinuidade de sua cobertura, frequentemente restrita a limites político-administrativos. Assim como a infraestrutura do COR, digna de países desenvolvidos, restringe-se ao Município do Rio de Janeiro, muitos dos novos dados disponibilizados não permitem uma análise do espaço regional ou mesmo do espaço intraurbano (Villaça, 1998), marcado pelos deslocamentos cotidianos de pessoas, seja como força de trabalho, seja como consumidores.

Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, os avanços na disponibilização de dados para estudos de mobilidade e

acessibilidade concentram-se principalmente no Município de São Paulo. Dados de transporte público no formato *General Transit Feed Specification* (GTFS), por exemplo, estão disponíveis apenas para a capital e algumas linhas metropolitanas de ônibus, mas não para as linhas locais dos demais municípios que compõem a região metropolitana. Esse fato induz a uma concentração de estudos voltados para apenas uma porção da metrópole - a mais privilegiada - e inviabiliza análises que explorem o potencial dos novos dados para avançar no entendimento e planejamento da mobilidade na metrópole como um todo.

Se tais desigualdades de informações são observadas no interior da maior e mais rica região metropolitana do país, o que dizer sobre as cidades mais afastadas dos grandes centros? Essa questão é particularmente relevante em um Brasil de tantos “Brasis”, muitos deles pouco conhecidos, e que já tradicionalmente desenha suas políticas a partir da perspectiva dos grandes centros.

O entusiasmo diante dos novos dados tende a motivar pesquisas restritas ao tipo de dado disponível e às regiões onde estão disponíveis, que não necessariamente dialogam com uma necessidade ou problema estabelecido *a priori*. Tal debate nos leva a refletir sobre limitações práticas que enfrentamos na utilização do *big data* e *urban analytics* para a compreensão da natureza do urbano no nosso país. Afinal, *urban analytics* para qual urbano?

A visão de urbano, assim como de sociedade, implícita no *big data* é necessariamente restrita. Conforme ressalta Shearmur (2015), ao lidarmos com *big data* não estamos tratando da sociedade, mas de usuários e mercados - os usuários de *twitter* ou *facebook*, usuários de transporte coletivo, motoristas conectados a aplicativos de navegação por GPS, clientes de concessionárias de telecomunicações, energia, água e esgoto etc. São dados tendenciosos por natureza, que não dizem respeito às pessoas que estão alheias aos mercados e atividades específicas que estão sendo rastreadas.

É certo que também os países desenvolvidos são afetados pelas questões aqui levantadas: amostragem enviesada, com visão restrita a usuários e mercados; acesso ainda limitado aos dados, frequentemente sob domínio de

empresas privadas; bem como abrangência geográfica fragmentada e comumente restrita a limites político administrativos. Entretanto, diante das profundas desigualdades de um país como o Brasil, em suas distintas dimensões e escalas, esse debate merece protagonismo.

Estaríamos contribuindo para acentuar as disparidades entre aqueles espaços que Milton Santos retratou como luminosos e opacos (Santos, 1996)? Estaríamos voltando nosso olhar a determinados mercados que excluem boa parte da sociedade? Estaríamos contribuindo para tornar invisíveis aqueles que mais precisam de visibilidade? Estaríamos tentados a voltar nossas atenções a problemas que os novos dados e técnicas analíticas a eles associados permitem explorar, em detrimento de questões mais cruciais para o bem estar da sociedade?

O papel dos dados tradicionais na era do *big data*

Em 2015, o Conselho da Agenda Global do Fórum Econômico Mundial sobre o Futuro do *Software* e da Sociedade divulgou uma pesquisa realizada com cerca de 800 líderes setoriais a respeito de 21 pontos de inflexão que deverão ser proporcionados por mudanças tecnológicas até 2025. Dentre esses pontos de inflexão, chama atenção o que trata do “primeiro governo a substituir seu censo por fontes de *big data*”. A pesquisa revela que 83% dos entrevistados acreditavam que isso ocorreria antes de 2025 (World Economic Forum, 2015).

Esse resultado ilustra como a discussão sobre o papel dos levantamentos tradicionais na era do *big data* frequentemente tem assumido contornos que induzem à diminuição de sua importância ou mesmo sua extinção.

No decorrer de 2019, o Brasil assistiu a um intenso debate sobre os cortes orçamentários do censo demográfico do país. De maneira geral, o Governo Federal insistiu em discursos voltados à desvalorização dos levantamentos tradicionais e desqualificação das instituições que os produzem. No caso específico do censo, as justificativas dos defensores da redução do orçamento e do questionário a ser aplicado variavam. Enquanto a frase “*quem pergunta demais descobre o que não quer*”, proferida pelo Ministro da Economia, escancarava o descomprometimento com a realidade

brasileira e com a elaboração de políticas públicas bem informadas, justificativas aparentemente mais técnicas focavam no *big data* e registros municipais como formas alternativas de coleta de informações.

Como resultado, foram suprimidas do censo demográfico 2020 questões relacionadas ao custo da moradia, rendimento, emigração, bem como acesso a serviços e posse de bens. A supressão das questões foi efetuada às vésperas da realização do levantamento, sem qualquer debate com a comunidade interessada ou mesmo justificativa para a seleção dos temas sobre os quais passaremos a ter menos informações.

Em relação aos argumentos baseados no uso de outras fontes de dados, também não houve qualquer esclarecimento sobre como as informações suprimidas no censo poderiam ser substituídas. O fato é que não temos alternativas para suprir, com qualidade, essa lacuna.

Por exemplo, no caso da variável “custo do aluguel”, utilizada nas estimativas do déficit habitacional, sabe-se que dados sobre preços dos imóveis são monitorados constantemente por empresas privadas e utilizados para estudos de interesse do mercado imobiliário. Esses dados, além de privados, são restritos ao mercado imobiliário formal de algumas regiões do país. Sua qualidade costuma ser muito superior a dos dados municipais que, além de também possuírem abrangência restrita, são frequentemente desatualizados e desconectados com a realidade dos municípios. Municípios estes que, em muitos casos, não possuem sequer informações confiáveis sobre a situação fundiária de boa parte de seu território.

Qual seria, portanto, a alternativa à questão suprimida no questionário do censo? Diante da inexistência de tal alternativa, resta aos municípios brasileiros ficar às cegas em relação a uma das mais expressivas dimensões do déficit habitacional, o custo excessivo da moradia, que atingia mais de 2,1 milhões de domicílios de baixa renda em 2010 (Fundação João Pinheiro, 2013).

Referências

Batty, M. (2016) Editorial: Big Data, Cities and Herodotus. *Built Environment*. 42(3),

As fontes de *big data* abrem possibilidades para explorarmos novos padrões e dinâmicas até então desconhecidos, mas ainda são dados de abrangência restrita e tendenciosos por natureza. É importante associá-los, portanto, a dados levantados por meio de rigoroso planejamento e desenho amostral, tais como o censo demográfico.

Além de ampla cobertura do território, o censo demográfico dispõe de um rico espectro de variáveis, estabelecido a partir de amplo debate com a comunidade de usuários, com claras definições de conceitos e categorias, e em sintonia com questões relevantes para o país.

O censo oferece, portanto, uma base confiável para calibração e exploração dos novos dados, bem como variáveis relevantes que potencializam a interpretação de resultados. Por outro lado, a análise de alguns fenômenos e dinâmicas tradicionalmente observados por meio dos dados censitários pode ser conduzida nos períodos intercensitários com auxílio de dados alternativos, que são constantemente produzidos. Por exemplo, análises sobre dinâmicas e tendências relacionadas ao poder de compra dos brasileiros podem combinar dados censitários, levantados a cada dez anos, com dados de consumo de energia elétrica, gerados constantemente.

É fundamental, portanto, um debate sobre o papel dos levantamentos tradicionais na era do *big data* e *urban analytics*. A exploração de estratégias de integração entre dados tradicionais e *big data* torna-se crucial para potencializar o uso de ambos em análises que contribuam para avançar na construção de novas teorias urbanas e aprimoramento de planos e políticas urbanas. Não se pode admitir que o entusiasmo com o *big data* subsidie discursos e ações que depreciem e degenerem a produção de dados sobre o país. Movimentos nessa direção atendem apenas a interesses de governos autoritários, avessos à transparência, para os quais dados sobre a realidade do país não passam de um inconveniente.

317-320. Disponível em: <https://doi.org/10.2148/benv.42.3.317>.

Batty, M. (2019) Urban Analytics Defined. *Environment and Planning B: Urban*

- Analytics and City Science*. 46(3), 403-405. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2399808319839494>.
- Castells, M. (1999) *A sociedade em rede*. São Paulo, Paz e Terra.
- Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações (2013) *Déficit habitacional municipal no Brasil 2010*. Belo Horizonte, Fundação João Pinheiro. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/consultaDetalheDocumento.php?iCodDocumento=73954>. [Consultado em: 25 de junho de 2020].
- Santos, M. (1996) *A natureza do espaço: espaço e tempo: razão e emoção*. São Paulo, Hucitec.
- Shearmur, R. (2015) Dazzled by Data: Big Data, the Census and Urban Geography. *Urban Geography*. 36(7), 965-968.
- Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02723638.2015.1050922>.
- Singleton, A., Spielman, S., Folch, D. (2018) *Urban Analytics*. London, Sage.
- Söderström, O., Paasche, T. e Klauser, F. (2014) Smart Cities as Corporate Storytelling. *City*. 18(3), 307-320. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906716>.
- Villaça, F. (1998) *Espaço intra-urbano no Brasil*. São Paulo, Studio Nobel.
- World Economic Forum (2015). *Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact*. Survey Report. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf. [Consultado em : 27 de fevereiro de 2020]

Revolução periférica dos dados em tempos de pandemia global

Rodrigo Firmino,^a  Debora Pio^b  e Gilberto Vieira^c

^a Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Curitiba, PR, Brasil. Email: rodrigo.firmino@pucpr.br

^b Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Cultura / Rede de Ativismo Nossas, Meu Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Email: deboradpio@gmail.com

^c Pesquisador independente, data_labe, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Email: gilberto@datalabe.org

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.156>

“O ator proposto – pensado literalmente de baixo para cima, corporificado e territorializado –, corresponde, potencialmente, ao circuito inferior reconhecido por Milton Santos, em *O Espaço Dividido* (1979), para a compreensão íntegra da economia urbana. Mas, este ator também corresponde às formas sociais sobreviventes das sucessivas modernizações e às formas mais modernas que tiveram, historicamente, a capacidade de interagir com práticas ancestrais, como aquelas produções e comércios em que a negociação predomina sobre a conquista e a destruição do outro. Existe, portanto, uma vida de relações, resistente e tenaz, que se opõe à abstração exigida pela operação sistêmica da concepção hegemônica de mercado.”

(Ana Clara Torres Ribeiro, 2005, p.12468)

Em “Território Usado e Humanismo Concreto: o Mercado Socialmente Necessário”, Ana Clara Torres Ribeiro (2005) exalta a centralidade do território na busca por novos horizontes de resistência. Na verdade, ao lado de Milton Santos, Ana Clara já nos alertava, pelo menos desde os anos 1980, para a importância de compreendermos a força do “território usado” como campo de construção de utopias sob a ideia de ação política. Em um país marcado pela injustiça e desigualdade social, não é novidade que o novo coronavírus aumente exponencialmente os desafios para famílias que vivem em territórios populares como favelas, aldeias indígenas, quilombos e assentamentos. Dados do município do Rio de Janeiro de maio de 2020 (conhecidamente subnotificados) indicam que o número de mortes por Covid-

19 nas favelas cariocas cresceu mais de 10 vezes em apenas um mês (Barreto, 2020). A “normalidade”, nestes casos, já está pautada, há muito tempo, pela dificuldade de acesso a empregos formais, programas sociais, educação e assistência médica de qualidade, assim como condições mínimas de saneamento básico — incluindo abastecimento regular de água (Souza, 2020), esgoto e coleta apropriada de lixo. Estima-se que sejam 13,5 milhões de pessoas (Nery, 2019) sobrevivendo com até 145 reais mensais. No contexto da crise global de enfrentamento à pandemia, uma questão de saúde, no Brasil, pode fácil e rapidamente tornar-se uma tragédia sanitária e humanitária. E nesses casos, dados e tecnologias digitais compõem diferentes narrativas, indissociáveis dos territórios, e a partir de distintos arranjos sociotécnicos.

O vírus e seus modos de existência nos dados

Em situações de exceção, há uma tendência de maior receptividade a experimentações rápidas e acríticas com todos os tipos de inovações técnicas. A fé na ciência e na tecnologia aumentam, e todos tornam-se impacientes por respostas rápidas e soluções definitivas para a crise ou para criar amenidades que forneçam uma sensação temporária de normalidade. Nesse cenário de desespero, também surgem posições negacionistas e irresponsáveis no tratamento da crise: tratar a doença como uma “gripezinha” (Congresso em Foco, 2020), culpabilizar o governo chinês pela suposta fabricação do vírus como parte de um plano de dominação comunista global, elevar a hidroxicloroquina (Reuters, 2020) e o vermífugo Annita (Schelp, 2020) como drogas salvadoras, ou definir o “isolamento vertical” (Sanches, 2020) como estratégia econômica, para citar apenas alguns

exemplos mais recentes. Surgem, então, ondas diárias de artigos distorcidos, áudios inventados, notícias manipuladas. A estratégia de disseminar desinformação através das mídias sociais é ferramenta poderosa desde os últimos pleitos pelo mundo. Já não é mais segredo que as eleições de 2018 no Brasil foram definidas pelos grupos no WhatsApp com altas doses de mentiras e manipulações criminosas. É trágico e curioso ver como uma estratégia de marketing desenhada para a disputa eleitoral ganhou sobrevida em uma nova roupagem, passando a ser empregada como ação sistemática de governo, com estrutura técnica e administrativa reforçada e gabinete no Palácio do Planalto (Rudnitzki et al., 2020). Não seria exagero dizer que o WhatsApp se tornou ferramenta de governo.

É importante considerar ainda os riscos iminentes de ocultação e invisibilização dos dados públicos sobre a contaminação e as mortes em consequência da Covid-19. Para além da provisão insuficiente de testes e da consequente subnotificação de casos, mudanças na metodologia de contagem, exclusão de dados, barreiras ao acesso, atraso na liberação das informações consolidadas, dentre outras atitudes do governo federal, evidencia-se a centralidade dos dados na vida prática dos cidadãos, principalmente os que vivem em periferias e comunidades vulnerabilizadas, mas também no centro de decisões políticas que expõem os projetos de poder em disputa.

Coleta e manipulação de dados são ações políticas, a partir das quais se determinam políticas públicas, prioridades de acesso, e a própria existência de populações nos territórios urbanos. A falta de dados consolidados sobre as favelas é um problema histórico, que reflete muito a maneira de fazer política nessas localidades. Afinal, sem dados consistentes sobre a população, número de domicílios, informações sobre saneamento ou até mesmo hábitos culturais locais, torna-se inviável a implementação de políticas públicas. Um exemplo é o censo do IBGE de 2010, que estimava que a favela da Rocinha, considerada a maior do Brasil, tinha 69.161 habitantes, enquanto as entidades locais garantem que este número representaria cerca de metade da quantidade real de habitantes (Tabak, 2011). Ou seja, para órgãos oficiais, responsáveis por grande parte das decisões importantes sobre a

cidade, há milhares de pessoas “não contabilizadas”, ou seja, invisíveis.

A pandemia escancarou essa faceta da invisibilização pelos dados. Aos coletivos e grupos de favelas, que foram os primeiros a se organizar para oferecer uma resposta rápida à pandemia, também coube a responsabilidade de levantar dados demográficos (inexistentes em meios oficiais) para conseguir fazer a distribuição de doações como cestas básicas, água e kits de higiene e limpeza. Os relatos dos integrantes desses coletivos de favela dão conta que muitos moradores que apareceram pedindo ajuda sequer tinham documentos ou eram cobertos por qualquer tipo de assistência, como o Bolsa Família por exemplo. Assim, além de conseguir recursos através de financiamentos coletivos ou pedidos de doação no comércio local, também foi necessário criar estratégias para cadastrar pessoas, torná-las visíveis e atender a demanda por alimentos.

Na Vila Kennedy, Rio de Janeiro, um dos coletivos que está à frente da arrecadação desenvolveu uma base de dados simples para organizar informações sobre as condições em que vivem os atendidos. A base tem noventa famílias cadastradas, e diversas informações relevantes: 80% delas são chefiadas por mulheres; apenas 40% têm acesso à internet em casa; e apenas uma minoria conseguiu acesso ao auxílio emergencial¹. Em busca deste tipo de informação em canais oficiais, como o Instituto Pereira Passos, nota-se que a Vila Kennedy sequer é considerada um bairro para a Prefeitura do Rio de Janeiro. Outro exemplo que ilustra a situação é que a Secretaria Municipal de Saúde contabilizou os casos de coronavírus do bairro junto com os de Bangu, tornando inviável a coleta de informações e medidas específicas para a Vila Kennedy, que tem aproximadamente 150 mil habitantes, segundo estimativa das lideranças locais. Botafogo, localizado na Zona Sul do Rio e com cerca de 82 mil habitantes (segundo o IBGE) conta com monitoramento próprio para o bairro. É unânime entre quem está na linha de frente da pandemia que a subnotificação não é o único problema grave, mas também a invisibilidade de pessoas que sequer têm um endereço fixo ou CPF, não são atendidas por nenhum projeto social e não têm emprego formal (Souza, 2020). Ou seja, como habitual no que se refere à presença do estado e

serviços públicos nesses territórios, cabe às redes de solidariedade organizar, não apenas a assistência como os próprios dados e informações sobre a população.

O que nos interessa destacar aqui, em contextos de crise, são as “brechas” abertas por sujeitos que vivem nesses territórios usados. Um certo uso intensificado das tecnologias, e mais recentemente de dados, pode representar também possíveis canais de inovação, informação de qualidade e solidariedade. Logo que a pandemia se tornou uma realidade no Brasil, muitos perguntaram “o que vai acontecer quando o vírus chegar às favelas?” Essas localidades, que historicamente são vistas pelo poder público sob a ótica da ausência, seguem sem receber investimentos que deem conta de suas especificidades no contexto da crise. Por isso, moradoras e moradores se organizam para, mais uma vez, criar suas próprias alternativas. As iniciativas vão desde grupos de informação no WhatsApp a campanhas de financiamento coletivo e distribuição de insumos. Vai ficando evidente que tecnologias como essas são apropriadas de formas distintas, em contextos e arranjos sociotécnicos com propósitos completamente diferentes.

Táticas de resistência nas margens

Muito antes da pandemia, vários grupos já se organizavam em torno de uma solidariedade em rede, com ações transversais, especialmente em territórios vulnerabilizados. Essas iniciativas estão ligadas a lutas históricas de um ativismo de sobrevivência e por uma necessidade de fazer valer — à força, e muitas vezes “hackeando” redes e sistemas de infraestrutura — o direito de todos à cidade. É assim, por exemplo, que muitas áreas periféricas e de favelas lutam, há décadas, para conquistar menos que o mínimo em condições sanitárias e de mobilidade.

Para compreender melhor o lugar e importância dessas ações, fazemos uso de uma diferenciação conceitual proposta por Michel de Certeau (1994), que a partir da observação atenta de práticas sociais estabelece uma distinção entre estratégias e táticas — formas de agir determinadas pela composição social de quem as opera. As estratégias, que segundo Certeau são operadas por sujeitos com altos capitais políticos, intelectuais e materiais, pressupõe

um próprio, um lugar seguro e racional de querer e poder. Em detrimento de uma estratégia, grupos historicamente empobrecidos, violados e explorados estabelecem táticas — ações determinadas pela ausência de um próprio instituído; uma espécie de outro lugar que lhes permite mobilidade diante de imposições hegemônicas (categoricamente determinadas e construídas por estratégias). Isto é, essa lógica pode nos ajudar a entender como as táticas inventadas por moradores de favelas e periferias no contexto da pandemia do novo coronavírus (mas não apenas) representa o surgimento de um novo tipo de luta cuja centralidade são os usos de tecnologias digitais e dados. Um movimento narrativo contra hegemônico, da margem.

A necessidade de se “hackear” a cidade (e subverter a lógica do plano, transgredir o projeto) fica cada vez mais evidente, principalmente a partir das possibilidades de conexão, coleta e manipulação de dados, codificação/programação e produção autônoma de conteúdos, dadas pelas tecnologias da informação e comunicação desde o final do século XX. A figura do hacker cívico ganhou popularidade, mas parece haver uma diferenciação fundamental entre, ao menos, dois tipos de arranjos sociotécnicos ligados a essa realidade (Luque-Ayala et al., 2020). Há, por um lado, o digital como forma de ativismo, ou “intervenção movidas a dados”, na figura clássica dos programadores e participantes de *hackatons* e da cultura *maker*. Por outro lado, há o que se pode conceber como o encontro do digital com formas pré-existentes de ativismo, ou “intervenção situadas”. Ou seja, de um lado, desenvolvem-se aplicativos baseados em dados governamentais abertos para monitorar, por exemplo, os trajetos dos ônibus, e de outro, estabelecem-se lutas históricas por direitos e infraestruturas urbanas com o suporte de tecnologias digitais e o trabalho com dados. É nesta segunda possibilidade que parecem surgir algumas táticas de resistência pela margem, que se fazem mais evidentes em tempos de crise global generalizada. A disputa de narrativas pelos dados tornou-se terreno essencial da luta por direitos e visibilidade, e o caso de desaparecimento e manipulação dos dados da Covid-19 pelo governo federal em junho de 2020 (Azevedo, 2020), em uma tentativa de modificar a percepção da gravidade de sua

inabilidade para lidar com a crise, escancara as assimetrias presentes nessa disputa.

Há inúmeros exemplos. A lista de transmissão “Coronanews” dispara diariamente no WhatsApp checagem de informações falsas que circulam pelos grupos de família. O grupo “Corona nas Periferias” é uma biblioteca de mídia que reúne serviços e notícias sobre a pandemia com foco nas periferias e favelas. O canal da “Agência Mural” distribui, todas as manhãs, um podcast curto com relatos de quem vive a quarentena nas “quebradas” de São Paulo. Além dos canais públicos, grupos de ativistas, jornalistas, profissionais da saúde, funcionários públicos, vizinhos e parentes se organizam para prestar apoio a quem está mais vulnerável. Desde o começo da quarentena, no mundo todo, o WhatsApp foi a mídia social que mais cresceu em tráfego de dados, com aumento de uso estimado em 40% (Kantar, 2020).

Como já mencionamos, as táticas de financiamento coletivo multiplicaram-se rapidamente, quase todos com o mesmo apelo: arrecadar dinheiro para garantir cestas básicas, água, produtos de higiene e limpeza, auxílio transporte para trabalhadores, logística de entrega de materiais, compra de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), etc. O Meu Rio, organização que desenvolve tecnologias e mobilizações para aproximar os cidadãos da tomada de decisão política, fez o esforço de reunir oito coletivos de diferentes favelas da região metropolitana (Acari, Complexo do Alemão, Complexo da Maré, Duque de Caxias, Santa Cruz, Sepetiba, Vila Kennedy e Viradouro) para fazer uma vaquinha unificada. A organização arrecadou, até maio de 2020, mais de 200 mil reais para distribuir entre os coletivos, e decidiu que a campanha continuará enquanto a pandemia e o cenário de emergência permanecer. Neste período já foram atendidas mais de 1.500 famílias.

Política, tecnologia, dados, comunicação, assistência social e um forte lastro territorial/espacial dão o tom em todos esses movimentos. Nas periferias de grandes cidades, muitas organizações estão criando melhores maneiras e ferramentas para ajudar-se mutuamente. O #CoronaNaBaixada reúne cerca de 100 organizações na Baixada Fluminense, e suas ações se dividem em três frentes: (1) compartilhar experiências de solidariedade local; (2) disseminar estratégias

para orientar os residentes a ficar em casa; (3) estabelecer contatos com os meios de comunicação e autoridades públicas, a fim de tornar visíveis os problemas enfrentados por esses territórios e monitorar as medidas que estão sendo adotadas.

Dados territorializados

Muitas iniciativas evidenciam uma preocupação com a visualização das informações e suas formas de espacialização. Na região metropolitana de Curitiba, o Mapa da Solidariedade (iniciativa de pesquisadores da UTFPR, do Centro de Formação Urbano Rural Irmã Araújo e Observatório das Metrôpoles - Curitiba) organiza dados e informações georreferenciadas sobre vulnerabilidades e ações de resistência à crise do Covid-19 na periferia (Borges, 2020). O mapa é ferramenta essencial ao dar visibilidade a um grande número de iniciativas de pequeno porte e desconhecidas de boa parte da população, e ao desconstruir a narrativa de que a periferia é desorganizada e passiva no enfrentamento à pandemia.

Diante do apagão de dados que já mencionamos, o coletivo Voz das Comunidades no Rio de Janeiro criou a página Covid-19 nas Favelas,² um *dashboard* atualizado diariamente com dados de contágio e morte pelo vírus em quinze favelas da cidade, frequentemente ignoradas nas narrativas oficiais dos grandes jornais e emissoras de TV. O interessante é que, além da Prefeitura e Secretarias de Estado, as fontes dos dados contemplam centros comunitários de saúde e ONGs locais. Pelos mesmos motivos, em São Paulo, a União de Núcleos, Associações de Moradores de Heliópolis e Região (UNAS), organizou um levantamento para mapear os casos de contaminação e morte no território da favela, para o qual não existem dados oficiais minimamente atualizados. O resultado é um relatório,³ em constante atualização, com espacialização dos dados, capaz de fornecer informações importantes às várias ações da UNAS nesse território.

No Complexo de favelas da Maré, um bairro com 140 mil habitantes da Zona Norte da capital fluminense, o boletim “De olho no corona!” é ação central da Redes da Maré, organização histórica do território que mantém a campanha “A Maré diz não ao coronavírus”. A campanha é viabilizada a partir de articulações com parcerias

institucionais e pessoas físicas e possibilita, a partir do boletim, a existência de um canal com os moradores para acolher pautas sobre acesso a direitos, violações, casos de Covid-19 e as condições das políticas públicas no território durante a pandemia. Segundo a terceira edição,⁴ lançada com dados até o dia 18 de maio, a diferença entre os dados oficiais e os dados do boletim era de 193% em número de casos e de 65% em número de óbitos. Ou seja, enquanto a prefeitura do Rio contabilizava 89 casos e 23 óbitos, o boletim contabilizava 261 casos e 38 óbitos no Complexo da Maré.

Ainda na Maré, o *data_labe*,⁵ uma organização de mídia, dados e educação formada por quinze jovens de diversos territórios e repertórios, vem desenvolvendo, desde antes da pandemia, o *Cocôzap*⁶ — um projeto de mapeamento, incidência e participação cidadã sobre saneamento básico em favelas. Através de denúncias dos moradores via WhatsApp o projeto mapeia violações de direitos sanitários, promove encontros comunitários e produz reportagens com base em dados públicos e histórias da comunidade. O *data_labe* pode ser entendido como um desses novos movimentos sociais, organizados pela juventude a partir de suas referências conceituais e estéticas que aproximam tecnologia e consciência de classe; empoderamento racial e políticas públicas; direitos humanos e empreendedorismo, horizontalidade e modelo de negócio. No contexto da pandemia, diante da impossibilidade das articulações corpo a corpo, o arranjo sociotécnico que sustenta o *Cocôzap* (e, indiretamente, os problemas de saneamento da Maré, assim como as próprias ações do *data_labe*) precisou ser reconsiderado. Desde a implementação das medidas de isolamento social no Rio, o grupo tem se articulado para produzir narrativas sobre a centralidade dos debates e dados envolvendo a precarização dos serviços sanitários nas favelas do país e as consequências disso para a saúde das populações mais vulneráveis. É uma tentativa, também, de se conectar às redes de solidariedade, informações e ações já existentes, e fortalecer laços que já existiam, como mencionamos anteriormente.

Conclusão

O *data_labe* surge, no escopo de todos esses exemplos e comparações, como uma

plataforma urbana situada (intervenção situada) que desafia e transcende as epistemologias tradicionais e as orientações políticas associadas aos domínios dos grupos mais comumente associados a *hackers* cívicos (as intervenções movidas a dados, citadas anteriormente). Há uma conjunção de fatores presentes na essência desses casos, que representa um arranjo sociotécnico capaz de reunir diversas pautas temáticas relacionadas à gestão das cidades e ao território a partir do uso de dados, tecnologias digitais, ativismo de mobilização, conexões em rede com outras organizações, e construção de narrativas contra-hegemônicas, no sentido de se compreender e dar visibilidade aos temas e histórias dos corpos e territórios da margem.

O *CocôZap* é um caso paradigmático nesse sentido. Ao gerar dados a partir dos próprios moradores e organizar discussões sobre saneamento, desnaturalizando a falta ou baixa qualidade desses serviços e materializando seus componentes, atores, controvérsias, etc., o *data_labe* promove o que é conhecido nos estudos de ciência e tecnologia — em especial na Teoria Ator-Rede (Latour, 2012) — como abertura da caixa-preta dessa infraestrutura básica na Maré. Esse tipo de ação é fundamental para a disputa de posição e poder na política de saneamento, que está constantemente em construção e precisa ser desafiada a partir de outros diagnósticos e narrativas.

Os dados e as ações (políticas e de solidariedade), mediadas por algumas ferramentas, parecem estar formando uma nova frente de ativismo político nas favelas e periferias. Não estamos falando de um tipo de luta que sempre esteve presente nesses territórios de sobrevivência. Várias das táticas que levantamos aqui fazem parte do que temos entendido como “revolução periférica dos dados” que assume um papel importante no engajamento e na capacidade de incidência dos moradores de favelas e periferias nas políticas locais. A ideia central dos coletivos, organizações e projetos parece ser disputar a narrativa que se criou em torno dos dados: num extremo, vulnerabiliza os usuários das plataformas digitais, redes sociais e aplicativos de todo tipo; e noutro, credibiliza quem quer que apresente dados para comprovar falácias e mentiras na rede. É importante evidenciar que não se trata aqui de uma revolução em sua concepção clássica

de ruptura e conflito, mas ao contrário, do jogo de conter e resistir (Hall, 2003), das táticas inventadas nos lapsos de tempo, nas brechas de sistemas instituídos e que oferecem as reinvenções tão fundamentais para a superação de desigualdades. Os dados e o digital parecem ser um componente diferencial importante no âmbito de novas formas para compreender e valorizar processos de luta por direitos invisibilizados e negligenciados por assimetrias de poder. Passa a ser importante considerar a própria gestão das cidades a partir das relações entre dados, narrativas, ativismo digital e infraestruturas urbanas.

Todas essas ações e possibilidades de articulação, mediadas ou não por tecnologias, parecem se alinhar a um dos cenários propostos por Rafael Evangelista (2020) no segundo texto da série Lavits_Covid-19, “a

distopia de aceleração está a caminho?”, que se desenham em meio à emergência de reação à crise: o de ruptura. A pandemia global e inédita que estamos vivendo é resultado de catástrofes ambientais, políticas econômicas pré-anunciadas e que agora exigem rupturas. Certamente será uma disputa injusta diante dos contextos de exceção e aceleração apresentados por Evangelista. Elas podem vir desorganizadas diante das estruturas criadas pelos sistemas financeiros e pelas grandes corporações, mas é nas periferias que as rupturas se tornam concretas, no “território usado” e no “humanismo concreto” de Ana Clara Torres Ribeiro. Os exemplos que trouxemos aqui são parte de um movimento ainda desigual, mas fundamental para o entendimento de um futuro próximo cuja centralidade deveria ser a conquista de comunidades mais justas, sustentáveis e felizes.

Notas

¹ Informações constantes na base de dados/planilha da “Casa de Aya”, o coletivo de moradores da Vila Kennedy.

² Ver painel em: <https://painel.vozdascomunidades.com.br>.

³ Ver relatório em: <https://bit.ly/3hPHpnx>.

⁴ Ver relatório em: <https://bit.ly/37ZazMw>.

⁵ Ver: <http://datalabe.org>.

⁶ Ver site da plataforma em: <http://cocozap.datalabe.org>.

Referências

Azevedo, A. (2020) *Governo adota estratégia da desinformação com dados da covid-19*. Correio Braziliense, 7 de junho de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3fMR9gj>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Barreto Filho, H. (2020) *Covid: mortes avançam em favelas e superam 3ª cidade com mais óbitos no RJ*. UOL Notícias, 10 de maio de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2BzcoTW>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Borges, L. (2020) *Fotografia da resistência: mapa virtual reúne iniciativas solidárias e comunidades vulneráveis de Curitiba*. Terra de Direitos, 12 de maio de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Nnmav8>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Certeau, M. (1994) *A invenção do cotidiano I: as artes do fazer*. Petrópolis, Vozes.

Comunicação Casa (2020) *Organizações e lideranças da Baixada Fluminense lançam manifesto cobrando medidas de prevenção*

ao Coronavírus. Casa Fluminense, 26 de março de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Ym3odX>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Congresso em Foco (2020) “Gripezinha” e “histeria”: cinco vezes em que Bolsonaro minimizou o coronavírus. UOL Notícias, 1 de abril de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2YZsTkh>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Evangelista, R. (2020) *A distopia de aceleração está a caminho?* Série Lavits_Covid-19, Lavits, 3 de abril de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Z2RqoC>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Faria, T. (2020) *Bolsonaro está convencido de que coronavírus é um plano do governo chinês*. UOL Notícias, 16 de março de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2AOPAQp>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

Hall, S. (2003) *Da diáspora: identidades e mediações culturais*. Org. Liv Sovik. Belo Horizonte, UFMG.

- Kantar (2020) *COVID-19 Barometer: Consumer attitudes, media habits and expectations*. Kantar, 3 de abril de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2YnB4Yy>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Latour, B. (2012) *Reagregando o social: uma introdução à Teoria do Ator-Rede*. Salvador, EDUFBA, 2012.
- Luque-Ayala, A.; Fariniuk, T.; Firmino, R.; Vieira, G.; Marques, J. (2020, no prelo) Platforms in the making: Hacking the urban environment in Brazilian cities, Em: Hodson, M.; Kasmire, J.; McMeekin, A.; Stehlin, J.; e Ward, K. (eds.) *Urban Platforms and the Future City*. London, Routledge.
- Nery, C. (2019) *Extrema pobreza atinge 13,5 milhões de pessoas e chega ao maior nível em 7 anos*. Agência IBGE Notícias, 6 de novembro de 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2BzOSGr>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Reuters (2020) *Bolsonaro anuncia aumento de produção de cloroquina; uso contra coronavírus não é comprovado*. UOL Notícias, 21 de março de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Cx9rUH>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Ribeiro, A. C. T. (2005) Território Usado e Humanismo Concreto: o Mercado Socialmente Necessário. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, 20 a 26 de março de 2005, São Paulo, Brasil*. São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Rudnitzki, E.; Scofield, L.; Ribeiro, R.; Viana, N. (2020) *Assim bolsonarismo espalha morte e desinformação*. Outras Palavras, 22 de abril de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Nj789E>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Sanches, M. (2020) *O que é o isolamento vertical que Bolsonaro quer e por que especialistas temem que cause mais mortes?* BBC Brasil, 25 de março de 2020. Disponível em: <https://bbc.in/2YnvS70>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Santos, M. (1979) O espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos. São Paulo, Edusp.
- Schelp, D. (2020) *Saúde aprovou pesquisa com Annita, 'segredo' de Pontes contra covid-19*. UOL Notícias, 16 de abril de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2Nngrp8>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Souza, B. (2020) *A favela pede água*. UOL Notícias, 9 de maio de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/31choZP>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].
- Tabak, B. (2011) Maior favela do país, Rocinha discorda de dados de população do IBGE. G1, 21 de dezembro de 2011. Disponível em: <https://glo.bo/3doqd4Y>. [Consultado em: 19 de junho de 2020].

A Física das Cidades

Fabiano L. Ribeiro 

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Física, Lavras MG, Brasil. Email: fribeiro@ufla.br

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.159>

1 Introdução

A palavra “física” pode ser entendida por pelo menos duas formas. Primeiro, pela origem grega da palavra que significa *natureza*. Nesse sentido, quando dizemos que queremos entender a “física” de um fenômeno, quer dizer que queremos entender *o que é, como e por que* esse fenômeno se comporta de tal maneira. Ou seja, entender a natureza de alguma coisa - seja um fenômeno natural ou um conceito - significa que somos capazes de entender os mecanismos que regem esta coisa. A segunda forma da palavra física tem a ver com a disciplina/área do conhecimento; isto é, todas as ferramentas teóricas e instrumentais desenvolvidas pelos físicos para tentar entender o universo em que vivemos. Esses dois sentidos da palavra “física” são, em certo sentido, apropriados para descrever uma vertente bastante atuante nos últimos anos para se entender o fenômeno urbano: a busca pela natureza das cidades por meio de ferramentas teóricas provenientes da física.

Estamos vivendo um momento crítico na história humana. No ano de 2015 a população urbana mundial superou a população rural pela primeira vez. Só para se ter uma ideia, no final do século XIX mais de 80% da população vivia em áreas rurais. Hoje já temos 54% da população vivendo nas cidades e os especialistas concordam que até 2050 mais de 70% da população mundial viverá nas áreas urbanas.¹ Dessa forma, é esperado que a grande maioria das pessoas venham a viver em cidades superpopulosas em um futuro próximo. A questão que surge então é: em que condições viveremos nessas cidades do futuro? A resposta a essa pergunta está intimamente relacionada com o que tem sido chamado e definido por *ciência das cidades* (Batty, 2013). O desenvolvimento (ou não) dessa nova ciência será mandatório para se saber em que tipo de cidade viveremos: se em cidades superpopulosas e sem condições básicas; ou se em cidades ainda superpopulosas, mas com dignidade e qualidade de vida.

A *Ciência das cidades* seria um conjunto de teorias e evidências empíricas para explicar e prever fenômenos urbanos. No que diz respeito aos dados disponíveis, podemos dizer que estamos em um momento bastante interessante. Hoje podemos observar nossas cidades da mesma forma que os biólogos observaram pela primeira vez os tecidos biológicos no final do século XVI quando o microscópio foi inventado. Hoje quase todas as pessoas carregam um *smartphone* no bolso registrando com precisão e de forma automatizada suas posições geográficas e suas escolhas de compras. Uma vez que esses dados são gerados aos milhares por segundo, os cientistas podem investigar em tempo real padrões de mobilidade humana, tráfego de veículos nas ruas, transações financeiras, e assim por diante. Esse volume absurdo de dados oferece oportunidades sem precedentes que pode e deve ser explorado para melhorar a qualidade e a dinâmica das pessoas nas cidades.

Mas, é claro, apenas dispor dessa enorme quantidade de informação não significa entender o fenômeno urbano. Os dados nos permitem descrever alguns aspectos do comportamento urbano, porém, isso por si só não é suficiente para explicar a natureza (a *física*) das cidades. A natureza das cidades só pode ser alcançada (se puder ser alcançada!) se tivermos alguma teoria que explique o fenômeno urbano, mesmo que de uma maneira muito simplificada. Aliás, o que entendemos por ciência é exatamente a interconexão entre *dados e teoria*. Os dados, por si só, não formam o que entendemos por *ciência*. Dados sozinhos são apenas uma coleção de números. A teoria por si só também não é ciência, mas apenas uma manifestação intelectual. A ciência surge de um ciclo ininterrupto que segue a ordem: dados fomentam teorias; teorias sugerem a coleta de novos dados; novos dados falseiam teorias e fomentam novas, e assim sucessivamente, como descrito na Figura 1.

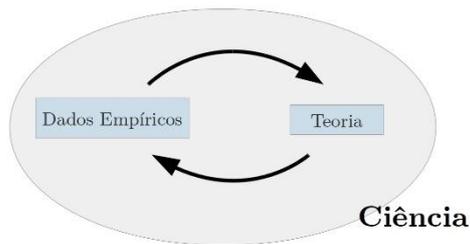


Figura 1. O que entendemos por ciência é um ciclo ininterrupto entre dados fomentando teorias; teorias sugerindo coleta de novos dados; e novos dados falseando e fomentando novas teorias (fonte: elaborada pelo autor).

Esse ciclo é feito em disciplinas como física, química, e biologia há pelo menos três séculos. Por exemplo, o conjunto de dados astronômicos que Tycho Brahe possuía na segunda metade do século XVI era apenas uma coleção de números. No entanto, quando esses dados foram descritos pela primeira vez por Kepler e posteriormente teorizados por Newton com sua Teoria da Gravitação, foi possível explicar *como e porque* os corpos se deslocam no espaço. As leis de Kepler e a Teoria Newtoniana, construídas a partir dos dados de Tycho Brahe (veja Figura 2), permitiram entender que as mesmas leis físicas que agem na queda de uma maçã também mantêm os planetas orbitando ao redor do sol.

Neste presente trabalho serão exploradas algumas ferramentas da física que têm contribuído para um melhor entendimento das cidades. Mais especificamente, será mostrado como propriedades de escala, como a dimensão fractal, podem revelar estruturas espaciais das cidades. Contudo, existem várias outras ferramentas que não serão exploradas aqui, mas que merecem total atenção. Por exemplo os conceitos de *redes complexas*, usados para entender as conexões entre pessoas, redes de ruas, redes de distribuições, etc. (Louf, Roth e Barthelemy, 2014; Haff, 2000; Asprone et al., 2013; Strano et al., 2012); *modelos de sistemas dinâmicos* e os *modelos gravitacionais*, usados para entender fluxos temporais e espaciais de produtos e pessoas inter e intra cidades (Bettencourt et al., 2007; Batty, 1971; Barthelemy, 2019; Birkon e Clark, 1991); *modelos baseados em agentes* e todo o conceito de *ciência da complexidade*, usados para entender propriedades macroscópicas a partir das interações locais e

microscópicas (Mitchell, 2009; Boccaro, 2004); bem como os conceitos de *criticalidade auto-organizada* (Batty, 2013, Bak 1999; Ball 2004; Portugali 2000). Nesse sentido, o título deste artigo me parece oportuno, pois a palavra física traz os dois pontos que serão explorados aqui: 1) a apresentação de como alguns conceitos bem estabelecidos em *física* podem ser fundamentais para 2) entender a *física* (natureza) das cidades.

O artigo está organizado da seguinte forma. Nas seções (2) e (3) serão apresentadas algumas métricas urbanas que exibem propriedades fractais, i.e. que possuem propriedades similares em todas as escalas/tamanhos das cidades. Em especial, na seção (2), será apresentado o método *box-counting* para a determinação da dimensão fractal de uma cidade. Na seção (3) será discutido como variáveis socioeconômicas e infraestruturais se relacionam com o tamanho das cidades. Na seção (4) será apresentado um panorama histórico do desenvolvimento da mecânica celeste e, em seguida, serão apresentadas analogias para identificar em que fase nos encontramos na construção da ciência das cidades. Finalmente, na seção (5) será discutido se as cidades podem realmente ser tratadas pelos ritos da ciência tradicional ou se seria necessário uma nova forma de ciência, baseada puramente nos dados, abandonando o conceito de teoria.



Figura 2. Ilustração do livro *Astronomiae Instauratae Mechanica* (1598), onde são

apresentados os instrumentos de Tycho Brahe, que se encontra no centro da imagem (fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Tycho_Brahes_stora_murkvadrant,_Nordisk_Familjebok.jpg).

2 Dimensão e Forma das Cidades

A Figura 3 mostra a imagem do que se acredita ser a primeira cidade já construída pela humanidade, a vila/assentamento *Çatal Hüyük* (Whitfield, 2005). Ela foi erguida há cerca de 8.700 anos, onde hoje é a Turquia. O que é muito curioso sobre esta proto-cidade é que nela não há ruas ou caminhos conectando as casas. Provavelmente as pessoas acessavam as casas andando sobre os telhados. Chega ser difícil acreditar que essas pessoas pré-históricas não pensaram em caminhos para conectar as casas. No entanto, esse fato nos mostra que ter ruas conectando as casas não é, necessariamente, uma ideia óbvia.

Mas, é claro, posteriormente diferentes sociedades chegaram à ideia de introduzir caminhos e ruas para conectar as casas, e essa implementação mudou drasticamente a distribuição espacial das casas em comparação com o que vemos em *Çatal Hüyük*. Mas seria possível identificar algum tipo de padrão nessa distribuição espacial comum a uma boa parte de vilas ou cidades pelo mundo? Esse é um assunto importante em morfologia urbana e, com certeza, a física, como área do conhecimento, tem muito a oferecer e contribuir.

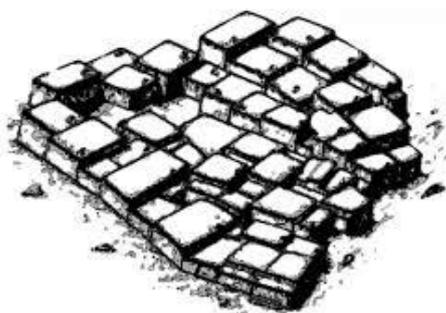


Figura 3. Imagem de *Çatal Hüyük*, talvez a primeira cidade construída pela humanidade. Ela foi erguida há cerca de 10.000 anos onde hoje é a

Turquia. Nesta proto-cidade não há ruas ou caminhos conectando as casas. Provavelmente as pessoas acessavam as casas andando sobre os telhados (fonte:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/he/d/dc/Houses_%28reconstruction%29_%C3%87atalh%C3%B6y%C3%BCK2.jpg).

Um exemplo interessante de como a distribuição espacial das cidades acontece ou se forma vem de uma pequena vila do interior de Minas Gerais chamada *Estação de Carrancas*. Esta vila possui cerca de 200 habitantes e sua imagem é apresentada na Fig. (4). No início dos anos 70 a vila era formada por uma única rua (indicado pela seta na figura) construída em torno de uma ferrovia, tendo um mercado em uma das extremidades (ele ainda existe hoje). Este é um exemplo de cidade unidimensional, no sentido de que ela se estende ao longo de uma linha. De fato, a vila continuou sendo unidimensional até o começo dos anos 80, não invadindo uma segunda dimensão por causa da existência de uma colina ao lado da vila. Durante a década de 70, quando um cidadão decidia construir uma nova casa, ele tinha de escolher entre i) continuar seguindo a linha da rua e construir sua casa na última posição da linha; ou ii) construir a casa mais próxima do mercado, na colina; contudo, tendo que subir e descer esta colina todos os dias. Até o final dos anos 70 a primeira opção sempre vencia porque a distância entre a última casa e o mercado não era tão longa e caminhar até o mercado não era um problema. No entanto, no início dos anos 80, com um número suficiente de casas na linha e, conseqüentemente, uma maior distância do mercado, a segunda opção começa a ficar melhor. Neste momento, a vila invade a segunda dimensão espacial. Este é um exemplo de como a geografia (colina), economia e acesso à infraestrutura (mercado) interferem na distribuição espacial das casas e, conseqüentemente, na forma das cidades.

Quando a vila invadiu a segunda dimensão, ela não se tornou uma cidade bidimensional. Isso só aconteceria se as casas preenchessem homogeneamente o espaço bidimensional, e esse não é o caso. Quando a vila começou a se expandir pela colina ela adquiriu uma dimensão espacial que é maior que 1 (ela não é mais construída apenas em torno de uma linha) e, ao mesmo tempo, menor que 2 (ela não preenche homogeneamente o espaço bidimensional). Ou seja, quando as casas começaram a ser construídas na colina, a vila passou a ter uma dimensão fracionária. Objetos físicos com dimensão não inteira, ou seja, que possuem dimensão fracionária, também são chamados de *fractais* (Mandelbrot, 1982). Na verdade, um fractal é qualquer coisa (por exemplo, objeto, fenômeno) que apresente propriedades

similares em todas as suas escalas. No caso de um objeto físico fractal há um número que se preserva em todas as escalas de tamanho desse objeto, chamado de *dimensão fractal*. Saber esse número é interessante pois pode revelar algum tipo de padrão. De fato, cidades apresentam dimensões fractais, e esse número pode revelar propriedades universais no fenômeno urbano. No caso específico da Estação de Carrancas não é possível determinar sua dimensão fractal justamente por ela ser uma pequena vila. Na verdade, esse número só é computável quando olhamos para o sistema em questão sob diferentes escalas de tamanho. Neste sentido, só é possível determinar a dimensão fractal de cidades suficientemente grandes.

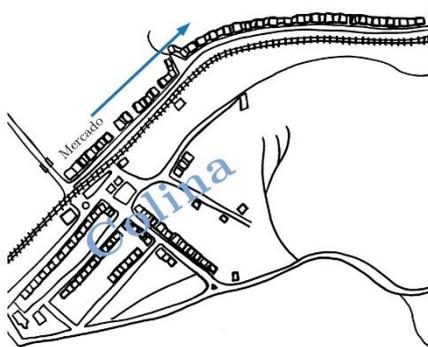


Figura 4. Imagem da *Estação de Carrancas*, uma pequena vila do interior de Minas Gerais. No início dos anos 70, a vila era formada por uma única rua (veja seta na figura) construída em torno de uma ferrovia, tendo um mercado em uma das extremidades. Nessa ocasião, ela era um exemplo de cidade unidimensional, no sentido de que ela se estendia ao longo de uma linha. Nos anos 80 a vila começa a se expandir sobre uma colina invadindo a segunda dimensão espacial (fonte: elaborada pelo autor).

Existem várias técnicas para se determinar a dimensão fractal de uma cidade. Uma delas é o método *box counting*, (Shen, 2012) que consiste em contar o número n de quadrados de largura s que cobrem toda a superfície urbanizada da cidade, conforme descrito na Figura (5a). A cidade será um fractal se essas duas quantidades se relacionarem por uma *lei de potência* do tipo descrito na Equação 1.

$$n(s) \propto s^{-D_f} \quad (\text{Eq. 1})$$

Se este modelo se ajusta bem aos dados então D_f é a própria dimensão fractal da cidade. Uma forma de verificar se os dados são bem descritos por uma lei de potência é plotando-

os em um gráfico log-log. Dados prescrevendo linha reta num gráfico log-log significam que o fenômeno é regido por uma lei de potência, como dada pela Eq. (1). Isto é, linha reta no gráfico log-log significa que estamos lidando com um fenômeno fractal. A figura (5b) mostra o gráfico (log-log) de $n(s)$ versus s para a cidade de Nova York. Note um perfeito ajuste entre os dados e a lei de potência (representado pela linha reta). A inclinação da reta (expoente da lei de potência) nos dá a dimensão fractal da cidade de Nova York: $D_f = 1.70 \pm 0.03$ (Shen, 2012). A aplicação dessa mesma metodologia para diferentes cidades pelo mundo permite construir um histograma de D_f , conforme apresentado na figura (6), no qual pode-se verificar que a dimensão das cidades flutua em torno de 1.7. O que significa, como já tínhamos apontado, que as cidades não são linhas retas nem preenchem homogeneamente o espaço bidimensional, o que justifica esse número fracionário da dimensão.

As cidades que estão na extrema esquerda do histograma (aquelas com dimensões fractais em torno de 1.3 e 1.4) são mais próximas da uni-dimensionalidade do que da bi-dimensionalidade. Por exemplo, a cidade de Tóquio, que possui $D_f = 1.312$, foi construída em torno de um lago e acaba tendo uma distribuição espacial mais linear e, conseqüentemente, uma dimensão fractal menor se comparado com outras cidades.

Na próxima seção essas questões de escala continuarão a ser tratadas, mas agora considerando aspectos socioeconômicos e infraestruturais das cidades.

3 Economia de Escala

Podemos denominar por fractal não apenas objetos físicos, mas também qualquer quantidade/fenômeno que manifeste algum tipo de invariância de escala. Quando isso acontece, costuma-se dizer que essa quantidade ou fenômeno é *livre de escala*. Além disso, um fenômeno livre de escala geralmente pode ser representado por uma equação de potência, que é uma espécie de assinatura de um comportamento independente de escala (Newman, 2005). Por exemplo, evidências sugerem que certas métricas urbanas, que representaremos por Y , estão diretamente relacionadas com o número N de habitantes de uma cidade a partir de

uma lei de potência do tipo descrito na Equação 2.

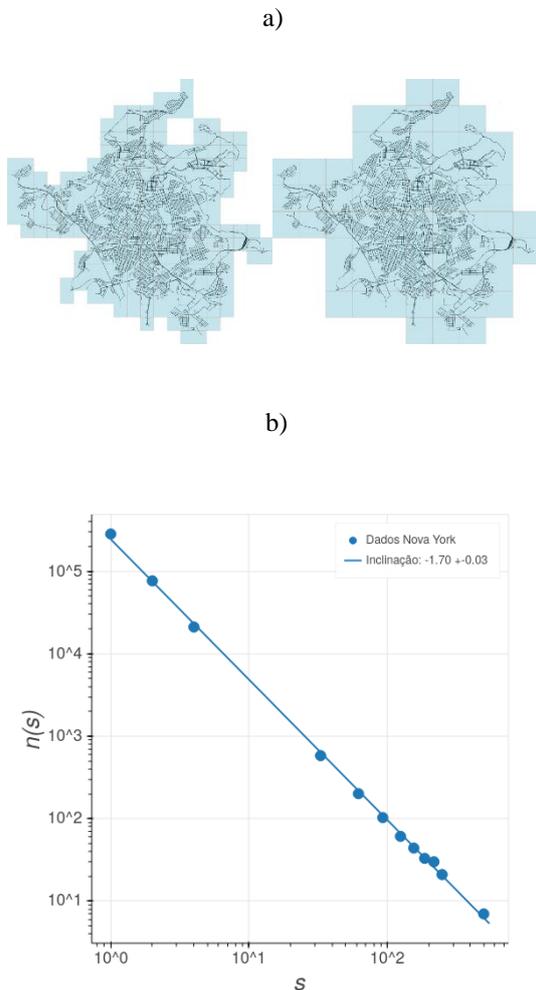


Figura 5. Exemplo ilustrativo do método box-counting. a) Uma área urbanizada coberta por quadrados de dois tamanhos distintos. No primeiro (à direita), com quadrados de lado $s = 2$ (unidade arbitrária qualquer), são necessários $n(s = 2) = 66$ quadrados para cobrir toda a área urbanizada. Já no segundo, com quadrados de lado $s = 1$, são necessários $n(s = 1) = 198$ quadrados para cobrir a mesma área urbanizada. b) Exemplo de aplicação do método: Gráfico (log-log) do número $n(s)$ de quadrados de lado s necessários para cobrir toda a área urbana de Nova York, em função de s . Lei de potência (linha azul) se ajusta bem aos dados e, portanto, a inclinação da reta nos dá a dimensão fractal de Nova York: $D_f = 1.70 \pm 0.03$ (fonte: elaborada pelo autor).

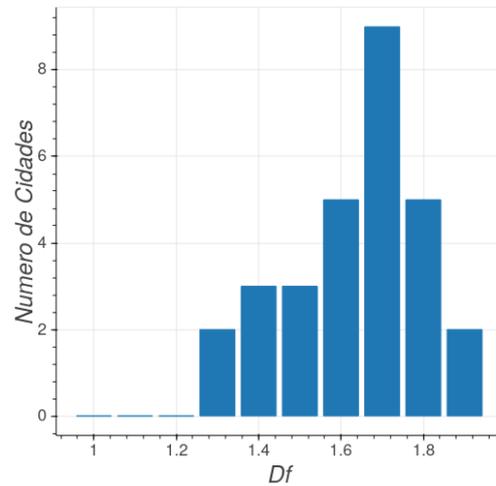


Figura 6. Histograma de D_f para algumas cidades pelo mundo. Os valores da dimensão fractal estão distribuídos em torno de $D_f = 1.7$. (fonte: adaptado de Shen, 2012; Ribeiro et al., 2017; Batty e Longley, 1994).

$$Y = Y_0 N^\beta \quad (\text{Eq. 2})$$

Aqui, Y_0 e β são parâmetros específicos de uma determinada métrica urbana (Ribeiro et al., 2017; Batty e Longley, 1994; Newman, 2005; Bettencourt, 2013). A figura (7) ilustra a boa descrição da equação acima aos dados empíricos quando Y representa o PIB (produto interno bruto) para cidades brasileiras e norte-americanas. Isso sugere que o PIB é regido por propriedades livres de escala, isto é, os sistemas urbanos apresentam comportamentos similares em todas as escalas de tamanho. Isso é exatamente um comportamento fractal, apesar de estarmos lidando com uma variável econômica e a população, e não um objeto físico e um comprimento. Apesar da grande complexidade que está por trás dos fenômenos urbanos, no final das contas a relação entre PIB e a população parece obedecer uma relação relativamente simples, dada pela equação (2).

Evidências empíricas mostram que o valor assumido por β , o expoente de escala, determina o tipo/categoria de variável urbana. Variáveis socioeconômicas, como o PIB, salários, número de caso de doenças socio-transmissíveis, etc., apresentam $\beta > 1$. Este é o chamado regime *superlinear*, no sentido que quando duplicamos o tamanho da cidade, aumenta-se a quantidade per capita destas variáveis. Por exemplo, a quantidade

per capita destas variáveis socioeconômicas tende a aumentar em 16%, em média, quando se dobra o tamanho de uma cidade - o chamado *increasing return to scale* (rendimentos crescentes em função da escala) em cidades maiores.

A explicação mais aceita para essa propriedade superlinear tem a ver com a interatividade das pessoas, que também cresce superlinearmente com o tamanho da cidade. Por exemplo, número de chamadas e contatos telefônicos crescem superlinearmente com o tamanho da população (Schläpfer et al., 2014; Stier, Berman e Bettencourt, 2020). Dessa forma, a interatividade é apontada como o grande potencializador da criatividade e da produtividade revertendo em benefícios sociais e econômicos. Podemos dizer que, *quanto maior é a cidade, mais interação e contatos entre pessoas ela proporciona, gerando cidades mais ricas e criativas.*

Porém há uma consequência negativa da maior conectividade entre pessoas em cidades maiores. Cidades grandes são mais susceptíveis a epidemias, como estamos observando no caso da Covid-19 (Stier, Berman e Bettencourt, 2020). Resultados análogos também aparecem em outras doenças sócio-transmissíveis, como é o caso da AIDS, que também cresce de forma superlinear com o tamanho da cidade (Bettencourt et al., 2007).

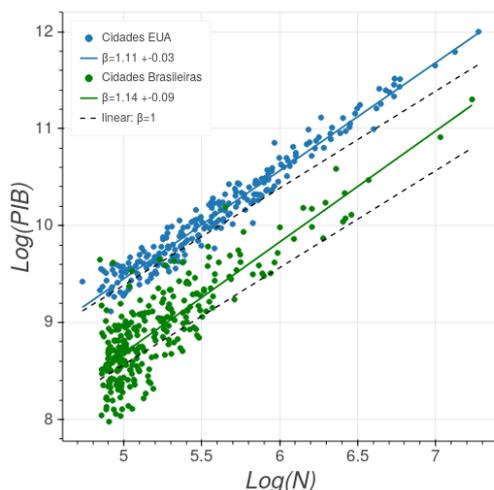


Figura 7. Gráfico (log-log) do PIB em função da população N , para as cidades brasileiras e norte americanas. As linhas cheias (azul e verde) são aquelas que melhor se ajustam à tendência dos pontos, e revelam propriedade tipo lei de potência. Os dois países apresentam expoentes de escala $\beta > 1$ (superlinear), com valores muito próximos entre si, apesar da diferença

socioeconômica entre esses dois países. As linhas tracejadas representam a situação linear ($\beta = 1$), e são apresentadas apenas para enfatizar o comportamento superlinear da tendência dos dados (fonte: elaborada pelo autor).

Em contrapartida, outros tipos de variáveis geralmente associadas à infraestrutura e estrutura urbana apresentam $\beta < 1$. Exemplos dessas variáveis são o número de hospitais, número de escolas, número de postos de gasolina, área urbanizada, comprimento total de ruas, comprimento de cabos elétricos, etc. Este é o chamado regime *sublinear*, no sentido que quando se aumenta o tamanho da cidade, diminui-se o número per capita destas quantidades. Há, neste caso, uma economia de infraestrutura em cidades maiores: *cidades maiores fazem mais com menos*. Por exemplo, quando aumentamos o tamanho da cidade a quantidade de postos de gasolina por habitante tende a diminuir. Essencialmente, a quantidade per capita dessas variáveis de infraestrutura reduzem em 16%, em média, quando se dobra o tamanho de uma cidade.

Finalmente, tem-se um terceiro tipo de variável, que apresenta $\beta \approx 1$. Este é o regime *linear*, dado por variáveis que estão relacionadas com necessidades individuais, tais como consumo de água, número de empregos e número de casas alugadas.

Uma importante propriedade da lei de escala em sistemas urbanos é que os dados empíricos mostram características universais nessas variáveis. Por exemplo, Brasil e os Estados Unidos apresentam PIB com o expoente de escala β muito parecidos (1.14 e 1.11, respectivamente), apesar desses países serem completamente diferentes em termos econômicos e sociais (Bettencourt, 2013; Schläpfer et al., 2014; Stier, Berman e Bettencourt, 2020; Meirelles et al., 2020). Evidências empíricas em outros países pelo mundo têm mostrado o mesmo comportamento de variáveis socioeconômicas como o PIB, apresentando $\beta \approx 1.16$ (superlinear), enquanto variáveis de infraestrutura têm apresentado $\beta \approx 0.84$ (sublinear). Essa universalidade sugere que mesmo com todas as diferenças culturais, históricas e geográficas entre os países, aparentemente certas métricas urbanas são regidas por propriedades universais e uma lei de potência simples, com expoentes de escala bem definidos. A percepção dessa aparente

universalidade pode ser um forte indício de que é possível identificar leis e quem sabe até propor teorias mais abrangentes para explicar o fenômeno urbano.

4 Tycho Brahe, Kepler e Newton

No final do séc. XVI, Tycho Brahe tinha a mais notável coleção de dados celestes, o que incluía, por exemplo, a trajetória de todos os planetas visíveis da época. Mesmo nos padrões que temos hoje, podemos dizer que ele tinha um *Big Data* disponível, devido ao tamanho do banco de dados e também pelo fato deles estarem sendo constantemente atualizados. Apesar disso, Tycho Brahe só tinha uma coleção de números, sem qualquer teoria para explicá-los ou descrevê-los. Tycho Brahe representa a primeira fase do desenvolvimento da mecânica celeste: *a fase da coleta dos dados*. Essa fase será chamada simplesmente de *fase Tycho Brahe*.

Então veio Kepler, que começou a trabalhar com Tycho Brahe em 1600 e, posteriormente, com os seus dados astronômicos. Kepler percebeu alguns padrões nos dados que tinha em mãos, hoje conhecidas como as “*três leis de Kepler*”. São elas: i) lei das órbitas elípticas²; ii) lei das áreas³; e iii) lei dos períodos⁴. Com a identificação destas leis, Kepler respondeu *como* os planetas se movem, mesmo sem ele saber dizer *por que* eles movem. Neste sentido, Kepler representa a segunda fase do desenvolvimento da mecânica celeste: *a fase da identificação de padrões*. Essa fase será chamada simplesmente de *fase Kepler*.

Nesse contexto, entra em cena Newton com as três leis da mecânica: i) lei da inércia; ii) relação entre força, aceleração e massa, i.e. $F = ma$; e iii) lei da ação e reação. E, finalmente, a lei da gravitação: $F = Gm_1m_2/r^2$, que diz que matéria atrai matéria numa relação inversa com o quadrado da distância. Com estas leis ele identifica que a terra e o céu são regidos pelos mesmos princípios. Isto é, a partir de um mesmo conjunto de regras ele explica tanto o movimento dos corpos aqui na Terra, quanto o movimento dos planetas ao redor do sol. Com suas leis, Newton mostrou *porque* os corpos se movem⁵, e suas descobertas representam a terceira fase do desenvolvimento da mecânica celeste: *a fase da explicação dos fenômenos*. Essa fase será chamada simplesmente de *fase Newton*.

Acredito que no contexto da ciência das cidades estamos na fase Kepler. Quero dizer, já superamos o período Tycho Brahe no contexto urbano, no sentido de que já possuímos uma enorme quantidade de dados disponíveis, como posição e movimento das pessoas em tempo real, fluxos diários inter e intra-cidades, e muito mais. E já identificamos alguns padrões nestes dados como, por exemplo, as propriedades de escala que foram discutidas anteriormente. Contudo existem muitos outros padrões já identificados, como os que se referem à mobilidade urbana (Alessandretti et al., 2018), abundância de categorias de empresas (Strumsky et al., 2016), e a própria dimensão fractal das cidades (Murcio et al., 2015). Na verdade, estamos numa época de tamanha sofisticação técnica que podemos jogar os dados em um supercomputador e deixar que os próprios algoritmos estatísticos encontrem por eles mesmos os padrões entre as métricas urbanas (Anderson, 2008).

Mas seria possível atingir a fase Newtoniana da ciência das cidades? Em outras palavras, será possível organizar todos os dados que possuímos e todos os padrões já identificados em um conjunto de equações compactas e inteligíveis que nos permitam explicar os dados e fazer previsões? Isso foi feito de forma bastante elegante para a mecânica, há pelo menos 300 anos. Será isso possível também para o fenômeno urbano? Ou seria esse um sonho impossível de ser alcançado, dada a complexidade e o número imensurável de variáveis envolvidas no contexto urbano?

5 Uma nova ciência das cidades ou uma nova ciência para as cidades?

Mas seria realmente necessário atingir a fase newtoniana das cidades? Não seria suficiente deixarmos os próprios algoritmos e os números falarem por si só? Por exemplo, o Google usa seus algoritmos para dizer que uma webpage é melhor que outra, mesmo não sabendo exatamente por que ela é melhor, mas simplesmente porque o algoritmo está dizendo que é, e isso é o bastante. Porém, encerrar-se neste tipo de estratégia seria condenar exatamente o que entendemos por ciência. Ou seria a ciência que conhecemos construída apenas para aqueles problemas e fenômenos que podem ser teorizados de alguma forma? O que não se aplicaria a fenômenos compostos por um

número imensurável de variáveis interconectadas, como é o caso das cidades.

Fica então a dúvida: estaríamos atrás de uma ciência *das* cidades, nos mesmos moldes das disciplinas bem estabelecidas? Neste caso, teríamos que seguir os mesmos ritos da ciência tradicional. Esta ciência tradicional funcionou muito bem nos últimos séculos em questões que envolvem um número pequeno de variáveis envolvidas; tais como um bloco deslizando em uma superfície de gelo, ou um corpo suficientemente pesado caindo livremente. Esses tipos de problemas permitem ser equacionados e descritos por regras simples e compactas, justamente por se tratarem de problemas com um número finito de variáveis essenciais (Weaver, 1948). Mas, e quando temos sistemas complexos como as cidades? As cidades são sistemas que se auto-organizam, o que talvez as tornem impossíveis de serem descritas ou explicados por regras simples. Dessa forma,

Notas

¹ <https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>

² Os planetas descrevem orbitas elípticas, com o sol ocupando um dos focos.

³ A linha que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

Referências

Alessandretti, L., Sapiezynski, P., Sekara, V., Lehmann, S., & Baronchelli, A. (2018) Evidence for a conserved quantity in human mobility. *Nature Human Behaviour*, 2 (7), 485-491.

Anderson, C. (2008) The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete. *Wired magazine*, 16 (7), 1-03.

Asprone, D., Cavallaro, M., Latora, V., Manfredi, G., & Nicosia, V. (2013). Assessment of urban ecosystem resilience using the efficiency of hybrid social-physical complex networks. *Arxiv*. [Preprint] Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1302.3263>. [Consultado em: 30 junho 2020].

Bak, P. (1999) *How nature works: the science of self-organized criticality*. New York, Copernicus.

Ball, P. (2004) *Critical mass: how one thing leads to another*. New York, Farrar, Straus and Giroux.

talvez estaríamos atrás de uma ciência realmente nova, uma ciência baseada puramente nos dados, que abandonaria o conceito de teoria. Uma ciência feita exclusivamente para tratar o fenômeno urbano: uma ciência *para* as cidades.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer meu caro amigo Vinicius M. Netto, não só pela nossa intensa parceria científica, mas também pelo incentivo inicial para eu escrever este artigo. Gostaria de agradecer também Romulo Krafta pela leitura prévia do manuscrito e pelas valorosas sugestões. Este trabalho só foi possível pela ajuda inestimável de meu estudante Victor Cabral e de minha esposa Josiane O.P. Ribeiro com as figuras aqui presentes. Quero agradecer também o apoio financeiro do Cnpq (405921/2016-0) e da Capes (88881.119533/2016-01).

⁴ Os quadrados dos tempos de translação dos planetas são iguais ao cubo dos semi-eixos maiores das órbitas.

⁵ Apesar de que Einstein, mais tarde, com a teoria da relatividade, deu outra explicação para o movimento dos corpos: a distorção do espaço tempo.

Barthelemy, M. (2019) The statistical physics of cities. *Nature Reviews Physics*, 1 (6), 406-415.

Batty, M. (1971) Modelling cities as dynamic systems. *Nature*, 231 (5303), 425-428.

Batty, M. (2013) *The new science of cities*. Cambridge, MIT press.

Batty, M., Longley, P. A. (1994) *Fractal cities: a geometry of form and function*. Cambridge, Academic press.

Bettencourt, L. M. (2013). The origins of scaling in cities. *Science*, 340 (6139), 1438-1441.

Bettencourt, L. M., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C., West, G. B. (2007) Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104 (17), 7301-7306.

Birkin, M., Clarke, G. P. (1991) Spatial interaction in geography. *Geography Review*, 4 (5), 16-24.

- Boccara, N. (2010) *Modeling complex systems*. New York, Springer Science & Business Media.
- Haff, P. K. (2000) Rivers, blood and transportation networks. *Nature*, 408 (6809), 159-160.
- Louf, R., Roth, C., & Barthelemy, M. (2014) Scaling in Transportation Networks. *PLoS ONE*, 9 (7), 1-8.
- Mandelbrot, B. B. (1982) *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco, W. H. Freeman and Co.
- Meirelles, J., Neto, C. R., Ferreira, F. F., Ribeiro, F. L., & Binder, C. R. (2018) Evolution of urban scaling: Evidence from Brazil. *PLoS ONE*, 13 (10), e0204574.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour*. New York, Oxford University Press.
- Murcio, R., Masucci, A. P., Arcaute, E., & Batty, M. (2015) Multifractal to monofractal evolution of the London street network. *Physical Review E*, 92 (6), 1-12.
- Newman, M. E. (2005) Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary physics*, 46 (5), 323-351.
- Peter W. (2005) *Cities of the world: a History in maps*. Los Angeles, University of California Press.
- Portugali, J. (2000) *Self-Organization and the city*. New York, Springer.
- Ribeiro, F. L., Meirelles, J., Ferreira, F. F., Neto, C. R. (2017) A model of urban scaling laws based on distance dependent interactions. *Royal Society open science*, 4 (3), 160926.
- Schläpfer, M., Bettencourt, L. M., Grauwin, S., Raschke, M., Claxton, R., Smoreda, Z., ... & Ratti, C. (2014) The scaling of human interactions with city size. *Journal of the Royal Society Interface*, 11 (98), 20130789.
- Shen, G. (2002). Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (5), 419-437.
- Stier, A., Berman, M., & Bettencourt, L. (2020) COVID-19 attack rate increases with city size. *Mansueto Institute for Urban Innovation Research Paper Forthcoming*, 19. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3564464>
- Strano, E., Nicosia, V., Latora, V., Porta, S., & Barthélemy, M. (2012) Elementary processes governing the evolution of road networks. *Scientific reports*, 2, 1-8.
- W. Weaver (1948) Science and complexity, *American scientist*, 36(4), 536-544.
- Youn, H., Bettencourt, L. M., Lobo, J., Strumsky, D., Samaniego, H., & West, G. B. (2016) Scaling and universality in urban economic diversification. *Journal of The Royal Society Interface*, 13(114), 20150937.

In Memoriam

João Meirelles (1989–2020)



Vinicius M. Netto e Fabiano L. Ribeiro

Esse é um texto que não gostaríamos de escrever. Mas é nosso dever como amigos, professores e coautores. E gostaríamos de fazê-lo como uma celebração da vitalidade, presença, inteligência e criatividade de João Vitor Meirelles de Miranda.

Muitos pesquisadores em urbanismo puderam conhecer João pessoalmente. Quem o conheceu pôde ver o quanto era encantador e cativante. Diante de seu carisma sutil, era fácil pensar: “conhecer João é amar João”.

E João foi curiosidade em estado puro — *insight*, inquietude e entusiasmo.

Não nos recordamos de ter conhecido outro jovem pesquisador com tanta fluidez na pesquisa e imersão na vontade de saber. Essa impressão começou desde sua primeira presença na sala de aula de Vinicius, vindo da Engenharia Ambiental em 2010 como aluno de graduação na Universidade Federal Fluminense (UFF). Ele se inscreveu na disciplina de teoria urbana por indicação de sua irmã, a querida Ana Clara, orientanda de Vinicius na sua graduação na Escola de Arquitetura e Urbanismo (EAU UFF). João se destacou absolutamente naquela turma — primeiro, protestando elegantemente contra a cidade e seus impactos sobre a natureza. Depois, intrigado com a possibilidade de nossas cidades serem formas inteligentes de reduzir impactos de numerosas populações humanas.

Um e-mail de 26 de Março de 2012 ilustra essa disposição: “Vinicius, podes me explicar como nasceram as cidades no mundo? Cidades como forma de ocupação de espaço, pessoas morando juntas e se relacionando... Como isso começa?” Dois dias depois, comentava: “como te falava, ando precisando de referências sobre a história/evolução das cidades. Na verdade, queria entender como ela chegou à dinâmica atual, como isso se relaciona com a tecnologia ou a economia, com a globalização.” Seu envolvimento com a cidade e sua inserção ambiental não pararam de crescer. Ainda em sua graduação, João se envolveu na rede @urbanidade, com dezenas de pesquisadores, debatendo com alguns dos professores mais experientes em ciência urbana do país. Iniciou estágio no Instituto Pereira Passos, da Prefeitura do Rio de Janeiro (IPP) em outubro de 2012.

Concluiu em seguida sua graduação em Engenharia Ambiental sob orientação de Márcio Cataldi e co-orientação de Vinicius na UFF. Na defesa do seu trabalho final em 21 de março de 2013, Vinicius abriu seu parecer lembrando a fala de um filme: “Um pescador vê outro pescador ao longe” (“*a fisherman sees another fisherman from afar*”): pesquisadores reconhecem em outros a real vocação e paixão pela pesquisa.

João tinha algo de imponderável em sua personalidade. Ele parecia planar entre situações. Tinha essa facilidade enorme de se movimentar no mundo como se fosse puro “id”, como somos quando crianças, algo que vamos perdendo no tempo, com as negações e imposições do mundo a nossa volta.

Foi viver em Addis Ababa, Etiópia, em 26 de Abril de 2013, como parte de um estágio de três meses pela UN Habitat no Institute for Sustainable Development (ISD). Trabalhou em projetos de agricultura urbana em cinco escolas da capital e com biodigestores e sistemas de captação de água de chuva para camponeses no interior. Curioso com o processo recente de urbanização do país, com a população nascida nas cidades ainda na infância e na adolescência, João registrou suas experiências em um *blog*:¹ “A falta de infraestrutura convive com uma urbanidade incrível. Tem muita vida por todo lado, grande ocupação de espaços públicos. Muitas pessoas tomando café, comprando coisas, levando rebanhos pra cima e pra baixo, conversando, assistindo o futebol inglês... Addis Ababa é viva e pulsante.” Seu encontro com crianças locais aparece em um relato especialmente afetoso. Quando visitou escolas pelo estágio, conta: “cheguei numa delas na hora exata do recreio. As crianças, ao me verem, foram à loucura. Era um mar de pequenos braços negros estendidos, esperando um cumprimento. Muitos gritos de *faranji* [estrangeiro] e sorrisos espalhados pelo pátio da escola. Mal podia andar. [...] Quando nos despedimos, era hora da saída e a visão que tive foi uma viagem. O mar de crianças havia se multiplicado por 3. Todos estavam em volta do portão esperando o porteiro liberar o caminho. [...] No momento que o porteiro

1 Veja

<https://www.tumblr.com/blog/view/etout>.

decidiu abrir a porta, o mar virou uma violenta tsunami, que me lembrou a saída do maracanã depois de uma final de carioca. A diferença é que eu era o Romário no meio da torcida do Flamengo, depois de ter feito uns

4 gols na final. Todos os corpos que passavam perto faziam questão de falar comigo, me apertar, sorrir. Foi a saída de colégio mais divertida que já vivi.”

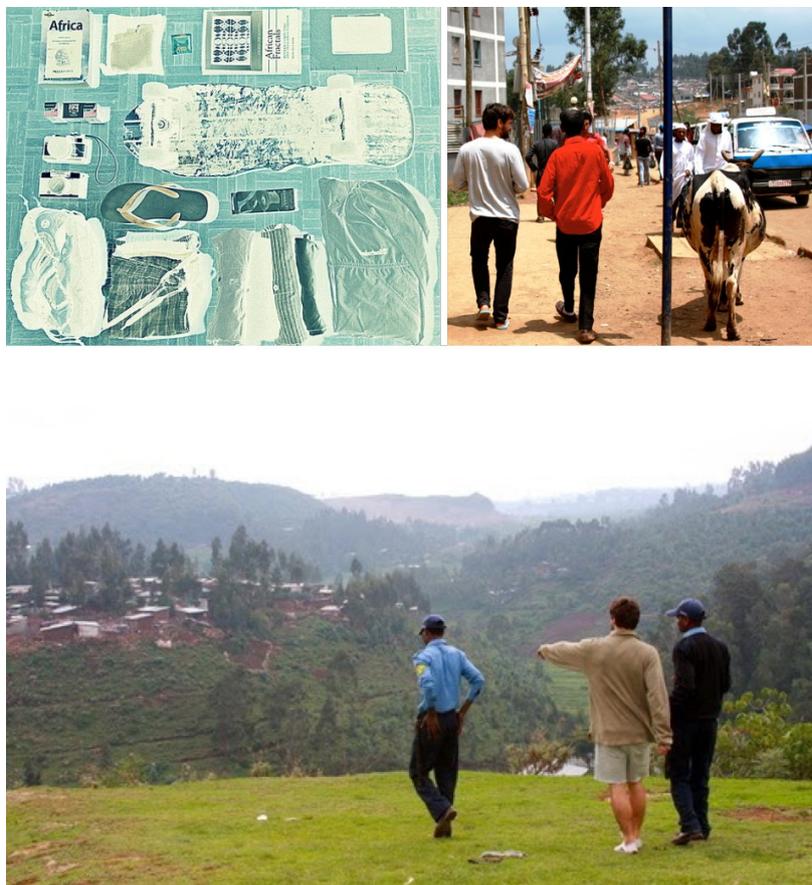


Figura 1. No alto, o *kit* para sua viagem à África: livros, câmeras, o skate e as havaianas. À direita e abaixo: experiências no espaço em urbanização em Addis Ababa, Etiópia, Maio de 2013. (<https://www.tumblr.com/blog/view/etout>) Fonte: Arquivo pessoal.

Em Junho daquele ano, passou semanas entre Nairobi (Kenya) e Dar es Salam (Tanzânia): “Não fazia sentido atravessar meio mundo pra ficar em apenas um país. Assim, lá fui eu conhecer mais um pouco do leste africano”. Ainda na Tanzânia, ficou encantado com a ilha de Zanzibar: “Se Nairóbi era São Paulo, Zanzibar é a Bahia”. Stone Town foi particularmente marcante (“Passei dias me encontrando por ali”). No retorno à Addis Ababa, acompanhou as manifestações de Junho de 213 no Brasil, e organizou “aquele que deve ter sido o menor protesto do mundo”, com dois amigos locais e uma pessoa que tinha acabado de conhecer na Etiópia.

Em 18 de Julho, João voltou ao Rio de Janeiro. Em seguida, foi morar em São Paulo para fazer o seu Mestrado em modelagem de sistemas complexos na Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH) da Universidade de São Paulo (USP), sob orientação de Camilo Rodrigues Neto. Nas suas palavras, tinha “um mestrado desafiador pela frente e uma megalópole pra explorar”. Neste período, iniciou seus estudos sobre ciência da complexidade e aplicações em fenômenos urbanos. Por intermédio de Camilo, foi apresentado a Fabiano, formando uma parceria científica que os levaria a diversos trabalhos, adiante.

Paralelamente, seguiu sua atividade junto ao grupo de pesquisa com Vinicius e os jovens pesquisadores Máira Pinheiro e Henrique Lorea, em um trabalho sobre redes de segregação no Rio de Janeiro. Os momentos na companhia desse grupo foram particularmente felizes, como em uma tarde de sexta feira no calor de Dezembro de 2014, após uma sessão de *brainstorming* no Largo do Machado, no Rio de Janeiro. Dias antes, havia participado da 3ª Jornada de Morfologia e Modelos Urbanos (JMMURB) em Pelotas/RS, com colegas como Maurício Polidori, Otávio Peres e Alexandre Pereira Santos. Muitos lembram de sua atenção, generosidade e engajamento, incluindo jovens como ele, e têm suas próprias histórias para contar.

Enquanto estava no Mestrado, preparava o próximo passo. Teve aceite no CASA UCL (Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London) em dezembro de 2014, para o PhD com Mike Batty e Elsa Arcaute, propondo o projeto “Understanding the Evolution of Urban Metabolism: Are Bigger Cities Greener?”. Teve aceite ainda em outras universidades no exterior, como Gran Sasso Science Institute (GSSI) na Itália. Enfrentou as limitações em bolsas nas agências brasileiras de fomento. João

defendeu sua Dissertação de Mestrado na USP em 13 de Novembro de 2015. De volta ao Rio, trabalhou no PENSA, grupo de cientistas de dados urbanos no Centro de Operações (COR) da Prefeitura. Em Janeiro de 2016, teve oferta de bolsa na Stanford University, nos Estados Unidos. Optou pela École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), na Suíça, por lhe dar mais liberdade e suporte. Lá, juntou-se ao Laboratory for Human-Environment Relations in Urban Systems (HERUS), sob orientação de Claudia Binder.

João foi um dos fundadores do *Global Urban Metabolism Dataset* (GUMDB), um dos primeiros esforços para centralizar os dados do metabolismo urbano gerados em estudos acadêmicos, uma iniciativa do grupo *Metabolism of Cities*, do qual era parte. Introduziu o GUMDB na 9th Biennial Conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) em Chicago, e mais tarde apresentou esse trabalho do grupo no World Resources Forum 2017 em Genebra, onde recebeu o *Best Scientific Paper Award*, no dia 26 de Outubro. Adiante, em Janeiro de 2018 foi aceito para o Complex Systems Summer School do Santa Fe Institute, templo do estudo da complexidade. E retornou ao Brasil, para ficar perto da sua família.



Figura 2. Cenas do cotidiano. No centro, durante a 9th Biennial Conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) em Chicago, Illinois, de 25 a 29 de Junho de 2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=29TFyPPZx3A>). Fonte: Arquivo pessoal.

Gostaríamos de contar como era pesquisar e criar com João. Quando se pesquisa, lidamos com um problema que queremos entender. Colocamos o problema a um ou mais colegas. Trocamos ideias sobre como tratar o problema. Com João, esse processo era rápido e muito fluído. Ele se entusiasmava

com novos problemas e o potencial de um *insight* capaz de explicá-los. Mostrava-se aberto e atento, enquanto erguia críticas e questões. Levantava com facilidade possibilidades de tratamento, ou desafiava as possibilidades que trazíamos. Era um misto de entusiasmo, criatividade e escrutínio.

Vinicius brincava dizendo que era como trabalhar como Lennon & McCartney, compondo em diálogo, chegando a explicações e métodos, criando diagramas, algoritmos ou formas de “raspar” dados de diferentes fontes.

Um fato que chamava atenção era a sua preocupação não só com a qualidade técnica dos trabalhos, mas também com sua qualidade estética, algo não muito comum entre pesquisadores. Por exemplo, ele tinha uma preocupação minuciosa em escolher a paleta de cores usada em cada gráfico. Em uma ocasião, ficamos uma semana inteira discutindo a cor das linhas e o tipo de gráfico que atrairia mais a atenção dos leitores. Naquele momento, ele argumentou que precisávamos observar “as tendências do estilo contemporâneo”. A frase virou um jargão entre nós quando íamos preparar um novo gráfico: “ não vamos usar este gráfico porque ele não segue as tendências do estilo contemporâneo...”. E ríamos juntos disso.

João parecia ter um temperamento mercurial, movendo-se rapidamente entre temas e problemas de pesquisa. Em poucos anos, engajou-se em diferentes grupos, desenvolveu diversas ideias e publicou muitos artigos — uma produção intensa que mostra seu raciocínio vertiginoso (veja a lista de artigos publicados abaixo). Seus interesses sobre a cidade eram variados, mas acreditamos que o tema mais caro para João era a relação entre cidade e meio-ambiente, ou metabolismo urbano. Era o tema central de seu Doutorado na EPFL.

Publicou com Vinicius seu primeiro artigo científico, “Application of life cycle assessment in the evaluation of the environmental impact of cities” em 2012. Anos depois, seguimos trabalhando com João em modelos de entropia social, informação e

leis de escala urbana, entre 2016 e 2020. Os encontros presenciais de trabalho não foram tão numerosos como gostaríamos, mas a tecnologia permitia que conversássemos quase diariamente. Fabiano conta que sua esposa praticamente já o conhecia, mesmo sem nunca tê-lo visto pessoalmente, tamanha sua presença em nossas casas.

Ao longo de tantas trocas e ideias sobre o mundo real e sobre mundos contrafactuais, uma frase de João foi particularmente feliz em traduzir nossa imaginação na investigação de cidades como campos de probabilidade de ações: “o modelo nos ajuda a navegar por esse espaço de possibilidades”.

Quanta liberdade e clareza em uma frase tão breve.

Um dos trabalhos seus que merece mais destaque é “More from Less? Environmental Rebound Effects of City Size”, que publicou no arXiv em 27 de Janeiro de 2020. Podemos ver aqui o mesmo fascínio pelo mistério do nascimento das cidades e suas dinâmicas que marcava aqueles e-mails, em 2012. Este artigo foi completamente idealizado e conduzido por João. Fabiano ficou grato por estar vivenciando com ele aquele momento. Naquele período de formação de um pesquisador, por ter mais experiência, colocava problemas a João e João os convertia em métodos. Apesar dele ser seu principal parceiro científico então, faltava a inversão dos papéis, no sentido de João liderar a pesquisa. Foi o que aconteceu. Na realização deste trabalho, João passou as instruções, gerenciou e direcionou as ações, conduzindo o rumo da pesquisa. Não era mais Fabiano a orientar. Na verdade, não cabia mais a relação “professor-estudante”. Eram pesquisadores trabalhando em parceria científica.



Figura 3. Experimentando com materiais, à esquerda. À direita, Fabiano e João trabalhando em questões de escalas em cidades, em São Paulo, Junho de 2016. Fonte: Arquivo pessoal.

João já vinha emergindo como referência em um de seus campos de pesquisa, sobre leis de escala em cidades, com citações e convites para publicar em coletâneas com pesquisadores de destaque internacional no campo. João tinha as condições para ser um autor de primeira grandeza na pesquisa urbana internacional e vinha nessa direção.

No devido tempo, nossa intenção é reunir e disponibilizar todos os trabalhos de João em um livro. Poderemos então encontrar em seus trabalhos os bonitos ecos do seu espírito.

João segue conosco em nossas memórias e afetos — e presente em ideias e textos que circularão por muito tempo.

Foi uma sorte ter te conhecido, João!

Com o amor dos amigos,
Vinicius e Fabiano.

<https://doi.org/10.47235/rmu.v8i1.175>

Trabalhos de João Meirelles

More from Less? Environmental Rebound Effects of City Size

JV Meirelles, FL Ribeiro, G Cury, C Binder
arXiv preprint arXiv:2001.09968, 2020.

Sustainability issues in urban systems from a metabolic perspective

JV Meirelles, A Pagani, A Athanassiadis, CR Binder
Sustainability Assessments of Urban Systems, 261, 2020.

Evolução das leis de escala urbanas: evidências do Brasil

JV Meirelles, CR Neto, FF Ferreira, FL Ribeiro, CR Binder
Revista de Morfologia Urbana, 8, 1, e00168, 30 jun. 2020.

On the relation between Transversal and Longitudinal Scaling in Cities

FL Ribeiro, JV Meirelles, VM Netto, CR Neto, A Baronchelli
PLoS ONE, 15(5), 1-20, May 2020.

Cities and Entropy: Assessing Urban Sustainability as a Problem of Coordination
VM Netto, JV Meirelles, FL Ribeiro
Sustainability Assessments of Urban Systems, 438, 2020.

The Scale-Dependent Behaviour of Cities: A Cross-Cities Multiscale Driver Analysis of Urban Energy Use
Y Bettignies, JV Meirelles, G Fernandez, F Meinherz, P Hoekman.
Sustainability, 11 (12), 3246, 2019.

Urban carbon footprints: a consumption-based approach for Swiss households
M Pang, JV Meirelles, V Moreau, C Binder
Environmental Research Communications 2 (1), 011003, 2019.

A Simple Sinuosity-Based Method using GPS data to Support Mitigation Policies for Public Buses GHG Emissions
W Wills, JV Meirelles, VG Baptista, G Cury, P Cerdeira
arXiv preprint arXiv:1907.09335, 2019.

Cidades como informação
VM Netto, E Brigatti, JV Meirelles, F Ribeiro, C Cacholas, 2019.
V!RUS, 19, 2019.

Evolution of urban scaling: Evidence from brazil
JV Meirelles, CR Neto, FF Ferreira, FL Ribeiro, CR Binder
PLoS ONE, 13 (10), e0204574, 2018

Cities, from information to interaction
VM Netto, E Brigatti, JV Meirelles, FL Ribeiro, B Pace, C Cacholas, P Sanchez.
Entropy, 20 (11), 834, 2018.

A temporal geography of encounters
VM Netto, JV Meirelles, M Pinheiro, H Lorea
Cybergeo: European Journal of Geography, 844, 2018.

Cidade e interação: o papel do espaço urbano na organização social
VM Netto, JV Meirelles, FL Ribeiro
urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana* 10 (2), 249-267, 2018.

A model of urban scaling laws based on distance dependent interactions
FL Ribeiro, JV Meirelles, FF Ferreira, CR Neto
Royal Society open science, 4 (3), 160926, 2017.

Social Interaction and the City: The Effect of Space on the Reduction of Entropy
VM Netto, JV Meirelles, FL Ribeiro
Complexity, vol. 2017, Article ID 6182503.

Exploring the energy use drivers of 10 cities at microscale level
A Athanassiadis, G Fernandez, JV Meirelles, F Meinherz, P Hoekman, YB Cari.
Energy Procedia, 122, 709-714, 2017.

Segregated networks in the city
VM Netto, M Pinheiro, R Paschoalino, JV Meirelles, H Lorea
The Social Fabric of Cities, 37-59, 2017.

Uma geografia temporal do encontro
VM Netto, JV Meirelles, M Pinheiro, H Lorea
Revista de Morfologia Urbana, 5 (2), 85-101, 2017.

Artigos em eventos

Global Urban Metabolism Database
JV Meirelles, F Meinherz, A Athanassiadis, P Hoekman, G Fernandez, C Binder.
World Resource Forum, 2017.

The fabric of encounter: Integration and segregation in the spatiotemporal structure of social networks
VM Netto, JV Meirelles de Miranda, M Pinheiro, H Lorea
Proceedings 11th International Space Syntax Symposium, 2017.

Method and challenges for consolidating urban metabolism studies into a standardized, open access database
JV Meirelles, F Meinherz, A Athanassiadis, P Hoekman, G Fernandez, C Binder, Y Caris.
2017.

Dynamics of the Urban Metabolism

JV Meirelles, C Binder.
A HERUS publication, 2017.

Mobilidade urbana e sustentabilidade: elementos para a construção de um modelo de desempenho para o sistema de mobilidade urbana na cidade do Rio de Janeiro.

M Soares, JV Meireles, J Junior
XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, 2014.

Application of life cycle assessment in the evaluation of the environmental impact of cities.

JV Meirelles, VM Netto, R Felix
5th International Seminar on Environmental Planning and Management, Brasilia, 2012.

Dissertação de Mestrado

(Universidade de São Paulo | USP)
[Leis de Escala em Cidades.](#)

Comunicações

Conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) em Chicago (25 a 29 de Junho de 2017):

“The creation of a Global Urban Metabolism Database”

<https://www.youtube.com/watch?v=t4R1LzBmi2U>

Entrevista: <https://www.youtube.com/watch?v=29TFyPPZx3A>

Google scholar:
<https://scholar.google.com/citations?user=KoXxV4sAAAAJ&hl=pt-BR>

Blog de viagem na África em estágio pela UN Habitat:
<https://www.tumblr.com/blog/view/etout>

Participação no Metabolism of Cities

<https://metabolismofcities.org/about/team>

Global Urban Metabolism Dataset (GUMDB):
<https://archive.metabolismofcities.org/data>

A tribute to João Meirelles (March 11, 2020):
<https://metabolismofcities.org/community/news/249>

