

# Taxonomia tipomórfica: um método para classificar a diversidade morfológica urbana

Fernando Gomes<sup>a</sup>  e Leonardo Loyolla Coelho<sup>b</sup> 

<sup>a</sup> Centro Universitário Belas Artes, Curso de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: feromes@gmail.com

<sup>b</sup> Centro Universitário Belas Artes, Curso de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: lloyolla@usp.br

*Submetido em 20 de julho de 2019<sup>1</sup>. Aceito em 18 de dezembro de 2019.*

---

**Resumo.** *Este artigo tem por objetivo demonstrar um método matemático e algorítmico para estudar a cidade sob as premissas da complexidade, identificando padrões morfológicos por meio da taxonomia numérica, que, de maneira análoga na biologia, é usado para classificar espécies por suas similaridades, definindo grupos e relações hierárquicas. O estudo usa como recorte, para aplicação metodológica, o distrito da Vila Mariana na cidade de São Paulo, que tem mais de 1/3 de sua área destinada a Eixos de Estruturação e Transformação Urbana (EETU). Os resultados preliminares da classificação, na escala do lote edificado, mostram que alguns poucos grupos com muita similaridade acabam concentrando a grande maioria dos tipos da área estudada, tornando possível um agrupamento por meio da taxonomia numérica, aqui qualificada como tipomórfica. Um achado relevante evidenciado pelos resultados é a falta de isonomia que lotes com testada menor que 10m têm em relação a lotes maiores, lembrados. Porém, pequenos ajustes nos índices urbanísticos podem reestabelecer o equilíbrio e contribuir para uma maior diversidade da forma edificada.*

**Palavras-chave.** *padrões morfológicos, complexidade na cidade, taxonomia numérica, índices urbanísticos, diversidade morfológica.*

---

## Introdução

Como as ciências biológicas, as cidades são problemas de complexidade organizada. Como aponta Jacobs (2011), elas apresentam “situações em que meia dúzia ou várias dúzias delas variam simultaneamente e de maneira sutilmente inter-relacionada” (p. 482). No último capítulo do seu livro a autora deixa uma sugestão para quem quiser continuar a estudar as cidades, definindo o tipo de problema que ela é e sugerindo que as ciências biológicas possuem métodos análogos para abordá-las cientificamente.

Na mesma época que Jacobs publicou originalmente seu trabalho, o arquiteto, urbanista e matemático Christopher Alexander (1965) descreve as cidades em seu artigo *The City is Not a Tree* como sendo entidades complexas e sugere uma linguagem de padrões como uma boa forma de

descrevê-las e prescrevê-las (Alexander et al., 2013).

## *Complexidade na cidade e a diversidade morfológica*

Segundo Jacobs (2011), o século XX presenciou grandes mudanças em diversos campos do conhecimento e modo de vida. Mas a autora acreditava que as mais profundas transformações ocorreram na abordagem científica. Ela referencia um ensaio sobre ciência e complexidade da edição de 1958 do *Annual Report of The Rockefeller Center Foundation* [Relatório Anual da Fundação Rockefeller Center], escrito por um matemático norte-americano, o Dr. Warren Weaver. Segundo Weaver, o pensamento científico passou por três etapas bem definidas: a dos problemas elementares, dos problemas de complexidade

desorganizada e dos problemas de complexidade organizada.

Considerando-se esse contexto, Jacobs considera que as relações com as teorias que motivaram os modelos de proposições de cidades ficam evidentes, pois segundo ela: “Os teóricos do planejamento urbano moderno convencional têm confundido constantemente os problemas das cidades com problemas de simplicidade elementar.” (2011, p. 484). Ela usa como exemplo a Cidade-Jardim de Ebenezer Howard, comparando-o com um cientista de física que analisa um problema de poucas variáveis (por exemplo: moradia e emprego).

A autora ainda acredita que durante os anos de 1920 a 1930 os urbanistas incorporam as ideias de complexidade desorganizada ao urbanismo através da estatística e teorias de probabilidade. Previsíveis e controláveis por parâmetros como densidade, taxa de ocupação entre outros – “esses cidadãos não pertenciam mais a nenhum núcleo, a não ser a família, e podiam ser tratados racionalmente como grão de areia, elétrons ou bolas de bilhar” (Jacobs, 2011, p. 487).

Esse ‘modus operandi’ observado pela autora parece vigente ainda nos dias atuais, dada a maneira como descrevemos as cidades. Frequentemente vemos mapas com grandes áreas contíguas definindo um determinado fenômeno. O plano diretor, a lei de zoneamento, as zonas censitárias do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a própria divisão política, etc... Estamos tão acostumados a analisar as cidades assim que talvez tenhamos perdido a capacidade de pensar diferente disso.

Jacobs salienta que muitas vezes a legislação utiliza o mapeamento não como um plano, mas como a própria realidade, impondo a sua vontade independentemente da realidade física:

Tornou-se ainda possível criar mapas de planos diretores para a cidade estatística, e as pessoas nos levam mais a sério, porque costumamos acreditar que os mapas e a realidade estão necessariamente relacionados ou, se não estiverem, podemos fazer com que estejam, mudando a realidade (Jacobs, 2011, p. 487).

Existe ainda o facilitador de escala, pois, estatisticamente falando, quanto maior o

território, maior a população e mais impedidos nos tornamos a lidar com dados estatísticos, ou melhor olhar tal cenário estatisticamente. Uma média pode fazer muito mais sentido quanto maior for o conjunto de dados, mas por um outro lado, fatores menos prováveis “acontecem” ou, digamos, aparecem com menos frequência. Em outras palavras: quanto maior a população de dados, menos perceptível é a inconsistência da modelagem do problema.

A autora usa o exemplo de uma companhia de seguros de tamanho pequeno, que parece ter menos recursos técnicos que uma grande para quantificar seus riscos e que na verdade é apenas um problema de escala. O fato é que o Urbanismo vive recaído no viés estatístico. Os planos diretores, estratégias, leis, tipos morfológicos e modelos de grandes cidades frequentemente são copiados de modo indiscriminado, se valendo do fator estatístico elementar. Ou seja: quando ela representa um determinado grupo com similaridades além das de proximidade geográfica contínua.

Retomando o raciocínio de Weaver (apud Jacobs, 2011), existem problemas nos quais a complexidade desorganizada não pode ser aplicada – ou seja: onde as médias, desvios padrões, variância, etc. não fazem muito sentido. As ciências biológicas são um bom exemplo e têm um modelo de resolução específica para tratar problemas de complexidade organizada. Nesse sentido, Jacobs (2011, p. 482) afirma que “Como as ciências biológicas, as cidades são problemas de complexidade organizada.” Ela segue salientando que as cidades e as ciências biológicas, apesar de serem enunciadas como o mesmo tipo de problema, não o são. Seria esse um alerta para o leitor mais atento ao ‘ato falho’ ou ‘ironia’ da autora ao intitular o seu livro com “Morte e Vida ...” e ter cunhado termos como ‘vitalidade da cidade’ e ‘olhos da rua’. Na realidade, parece não ser mera ironia ou analogismo, mas, conforme o trecho a seguir, uma insinuação de que as cidades são produtos da natureza humana e, portanto, parte indissociável dos sistemas naturais como um todo:

Os seres humanos, é obvio, fazem parte da natureza assim como os ursos-pardos, e as abelhas, e as baleias, e a cana-de-açúcar. Sendo produto de uma forma de natureza, as cidades dos seres

humanos são tão naturais quanto os locais onde vivem os cachorros-domato ou as colônias de ostras (Jacobs, 2011, p. 494).

Quase que na mesma época um outro autor, Christopher Alexander, chegava a conclusões parecidas – que a cidade é uma entidade que não pode ser descrita com uma simplicidade elementar, de modo mecanicista causal. Em seu artigo intitulado “A Cidade não é uma árvore” (Alexander, 1965), ele descreve a cidade como uma estrutura complexa, e não uma simples sucessão de relações de causas e efeitos.

Alexander usa a teoria dos conjuntos na matemática para fazer a analogia com a cidade. A árvore no sentido de grafo e não literal, pode ser até uma maneira irônica que nos força a refletir quanto de natural teria uma estrutura matemática em ‘árvore’, da mesma forma que refletir assim sobre a cidade.

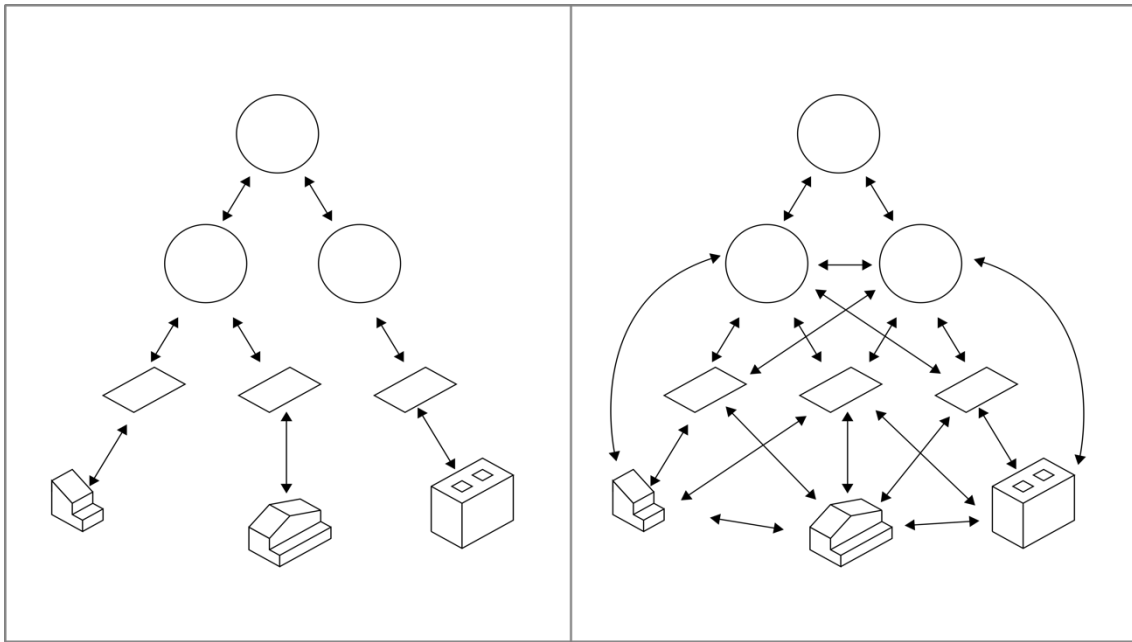
Um conjunto é uma coleção de elementos que, por alguma razão, nós consideremos pertencerem a um mesmo grupo. Quando elementos de um mesmo grupo co-operam ou trabalham em conjunto, podemos chamá-los de sistema (Alexander et al., 2013, p.1). Ele afirma que a cidade é composta por diversos sistemas que se interseccionam e têm diversos elementos em comum.

Alguns anos depois de escrever o artigo aqui mencionado, Alexander teria uma outra conclusão importante a ser feita: a linguagem de padrões (*pattern language*) é uma poderosa ferramenta para lidarmos com conceitos bastante complexos de uma forma bem mais palatável (Alexander et al., 2013). Como ele já havia concluído, não temos muita vocação para entender a complexidade. Dessa forma, usamos um ferramental descrito por ele como linguagem de padrões, de modo a simplificar algo que não saberíamos lidar de outra forma: a complexidade.

### *Ordenando, descrevendo e prescrevendo a cidade através de índices urbanísticos*

Jacobs e Alexander afirmam que a cidade é um produto da natureza humana ao mesmo tempo em que é resultado de dinâmicas complexas. Sobretudo, é uma entidade complexa. E isso não foi dito ontem – faz quase 60 anos. No entanto, a cidade de São Paulo tem sido frequentemente regulada, planejada e estudada isolando-se fatores causais das consequências em um recorte contínuo, uniforme, hegemônico e regional. A prefeitura do município de São Paulo regula a produção urbana por meio de índices urbanísticos como CA (Coeficiente de Aproveitamento), TO (Taxa de Ocupação) e taxa de permeabilidade, dentre outros. As novas edificações, assim como as reformas e ampliações, ainda estão sujeitas ao LPUOS (Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo) de 2016, que define outros diversos parâmetros – como recuos mínimos e gabaritos máximos - além do Código de Obras do município.

Embora não pareça, na prática, frequentemente esses parâmetros contidos nos instrumentos reguladores da produção urbana na cidade desconsideram em termos práticos as condições de insolação, ventilação predominante, sombreamento, barreiras produzidas por edificações existentes, largura de via, proximidades com equipamentos urbanos e, sobretudo, não aferem nem tampouco estimulam a mitigação de impacto sobre o contexto e demais edificações. Muitos deles – a maioria, apesar de terem ocorrido progressos – ainda desconsideram aspectos topográficos, hidrográficos, assim como peculiaridades locais e específicas. Ao se reduzir em parâmetros, a legislação cumpre em parte a sua função de regular e ‘ordenar’ a produção urbana de maneira relativamente ‘simples e pragmática’, mas desconsidera dessa forma toda a complexidade da cidade existente e, sobretudo, subestima a capacidade do arquiteto de dar respostas arquitetônicas originais e específicas.



**Figura 1.** Diagrama produzido pelos autores, como releitura do diagrama de *A Cidade Não É Uma Árvore* (1965). À esquerda uma organização em árvore e a direita uma estrutura complexa (fonte: elaborada pelos autores)

Alexander (1965) faz uma crítica à visão mecanicista em “A Cidade não é uma Árvore” através de um diagrama, aqui redesenhado (Figura 1) e aplicado ao contexto da perspectiva de ordenamento e planejamento urbano da maioria das cidades brasileiras, mas que se aplica especificamente a cidade de São Paulo.

Observamos no diagrama (Figura 1) que, ao lado esquerdo, temos um modelo de cidade em árvore, onde a edificação depende da quadra para lhe conferir índices urbanísticos como CA e TO. O lote, por sua vez, responde aos parâmetros de um determinado zoneamento e todos os zoneamentos pertencem à apenas uma cidade. Já ao lado direito temos um modelo que representa uma estrutura mais complexa, a qual Alexander (1965) chama de semi-treliça. Nesse segundo caso, cada edificação também deve observar a edificação vizinha ou da sua quadra, assim como cada lote. O zoneamento, dessa maneira, poderia se sobrepor e gerar sinergia.

Esse é um modelo hipotético, que tem como objetivo, por enquanto, apenas observar que a estrutura mais complexa tem mais afinidade com a realidade da cidade.

Apenas desenhando esse diagrama é possível observar o protagonismo do lote parcelado nas dinâmicas de regulação da produção urbana. Observe-se que é pelo lote parcelado que os instrumentos urbanísticos regulam e limitam a edificação, o que lhe confere um

grande peso. É ele, o lote parcelado, o elemento central de toda a cidade. São as dimensões e a localização do lote que vão definir a cidade que pode e que será construída aos moldes da legislação urbanística. Nos resultados a serem observados mais adiante, poderemos comprovar isso em números e salientar o desequilíbrio que esse protagonismo pode estar gerando. Sobretudo o legislador por várias vezes acaba dessa forma se colocando na perspectiva de dentro do lote e se isola do contexto coletivo, da cidade e de suas diversas relações.

#### *Recorte espacial*

Portanto, uma das hipóteses iniciais é que usar as dimensões do lote para ordenar a cidade pode estar gerando desequilíbrios. Dessa forma, nosso objetivo é identificar os padrões de tipos edificados no bairro da Vila Mariana, no município de São Paulo, que tem mais de 1/3 de sua área destinada à transformação da paisagem urbana, por meio dos Eixos de Estruturação e Transformação Urbana (EETU), de acordo com o Plano Diretor Estratégico (PDE) de 2014.

Dos 96 distritos do município, a Vila Mariana é o que tem maior área destinada a transformação da paisagem urbana, com incentivo de potencial construtivo, que nos motivou tal recorte.

### Objetivo

O objetivo desse artigo é demonstrar um método matemático e algorítmico para estudar a cidade sob as premissas da complexidade, identificando padrões morfológicos por meio da taxonomia numérica, que, de maneira análoga na biologia, é usada para classificar espécies por suas similaridades, definindo grupos e relações hierárquicas. Esse modelo matemático é capaz de classificar elementos pelas suas similaridades, transformando características observadas em números (dimensões) e mensurando a distância entre elementos no espaço n-dimensional, resultando assim, em uma matriz cruzada de proximidade, na qual os mais próximos vão se agrupando e formando o dendograma. Neste trabalho busca-se adaptar tal método da fenética ao estudo da forma da cidade na escala do lote e suas edificações. Um modelo que trabalha com 17 dimensões que vão desde índices urbanísticos usuais - tais como coeficiente de aproveitamento (CA) e taxa de ocupação (TO) - até elementos menos usuais e suas derivações. O princípio é levantar números que possam de algum modo diferenciar os tipos e lhe conferir alguma identidade.

### *Taxonomia numérica: em busca de padrões por similaridades na forma edificada*

O espaço pode ser representado graficamente em até 3 dimensões, pois a geometria euclidiana consegue resolver graficamente matrizes de até 3 colunas numéricas, plotando os dados nas dimensões espaciais x, y e z (Venturini, 2018), de maneira análoga a como a maioria de nós enxerga a matéria. A complexidade de uma cidade apresenta, porém, uma enormidade de nuances e pode nos trazer a necessidade de modelos matemáticos multidimensionais, como constatado empiricamente por Jane Jacobs e demonstrado graficamente e matematicamente por Christopher Alexander.

Por exemplo: uma porção da cidade pode ser facilmente representada graficamente por mapas, plantas, cortes e até mesmo modelos 3D. Mas para uma análise ou modelo levando em consideração as dimensões da legislação, da insolação, da ventilação, do tipo de uso, dos ruídos, da cota parte e da topografia, podemos abrir mão da representação e análise gráfica e utilizarmos um modelo matemático multidimensional. Um exemplo

de modelo matemático que tira partido da multidimensionalidade é a fenética, descoberta pelo matemático Sokal em 1963 (Sokal; Sneath, 1963). Ele transforma características observadas em números através de uma matriz onde cada linha é um elemento e cada coluna uma nuance, um aspecto. Na biologia utiliza-se parâmetros (dimensões) como, por exemplo: a quantidade de pernas de um ser vivo, se ele tem pelos, penas, couro, escamas, etc.; se ele se movimenta; se é capaz de controlar sua própria temperatura, dentre outros tantos quanto forem possíveis de serem observados.

A partir disso, Sokal então propõe que sejam tomadas as medidas (distâncias) entre os elementos no espaço n-dimensional, da mesma maneira que se faz em 1, 2 ou 3 dimensões, usando a fórmula de Pitágoras adaptada:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^d (x_i^l - x_j^l)^2}$$

Dessa forma é possível obter o valor numérico da distância de cada elemento para cada elemento, resultando em uma matriz cruzada. Sokal começou a juntar os elementos mais próximos numericamente e concluir que eles tinham muitas similaridades. Juntou cada um desses elementos próximos e os hierarquizou, desenhando assim um diagrama que simplifica o seu entendimento: o dendograma. Sokal, portanto, apresenta um método que permite descrever e quantificar similaridades e que podemos, nesta pesquisa, utilizar para descrever e representar a diversidade na morfologia urbana.

Neste trabalho optou-se por estudar a cidade por meio de análises dos lotes edificados. O site Geosampa (<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>), apresenta um sistema de acesso aos dados georreferenciados mantido pela Prefeitura do Município da Cidade de São Paulo, disponibilizando dados de 2.817.744 edificações em 1.986.084 lotes nos 96 distritos que compõem o município. Esse 'Big Data', pode conter inteligência coletiva que auxilie na compreensão das dinâmicas e processos da cidade. Por outro lado, esses dados não contêm todas as informações necessárias para então podermos transformar

em ‘taxas’ e assim promover uma taxonomia numérica.

Para este estudo, primeiramente foi necessário organizar as informações disponibilizadas. Como a quantidade de dados é grande, foi necessário converter os dados georreferenciados baixados em arquivos ShapeFiles (SHP) para um banco de dados relacional mais eficiente computacionalmente. Optamos por utilizar o banco de dados georreferencial de código aberto, o PostGis. Os arquivos baixados foram então convertidos para o banco de dados. Os dados com os lotes parcelados não estão disponibilizados no Geosampa mas, da mesma forma, podem ser baixados livremente no site de dados abertos da Prefeitura do Município de São Paulo ([http://dados.prefeitura.sp.gov.br/pt\\_PT/](http://dados.prefeitura.sp.gov.br/pt_PT/) acessado em 22 de Novembro de 2018).

De uma maneira geral, precisamos criar uma relação entre os 3 dados disponibilizados antes mesmo de podermos buscar outros dados através da geometria, pois uma ou mais edificações pertencem a um determinado lote e este lote, pertence a uma quadra. Isso se torna necessário para que possamos quantificar os índices urbanísticos que, via de regra, fazem referências a dados do lote aos quais a edificação pertence. As informações técnicas passo a passo para obtenção dessa relação geoespacial estão disponibilizadas no repositório público no link <https://feromes.github.io/Digressao-da-Complexidade-Morfologica/>.

Depois de estabelecida a relação entre quadras, lotes e edificações, passamos à etapa de obtenção de dados através das geometrias georreferenciadas. O que possuímos de dados na verdade são formas geométricas que foram planejadas e localizadas geograficamente. Além desses dados, a prefeitura atrela alguma informação a cada registro – no caso das edificações – e disponibiliza o gabarito, que nos dá a possibilidade de recriar o volume da edificação. Dados como quantidade de pavimentos, testada, empenas, coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação e

permeabilidade não são disponibilizados e tiveram que ser calculados conforme descrito detalhadamente no repositório, totalizando 17 dimensões do tipo.

Para processar essa quantidade de informações geométricas, este trabalho optou por utilizar a linguagem de programação Python, devido à quantidade interessante de bibliotecas para geoprocessamento e programação científica que também estão disponibilizadas no repositório desse trabalho.

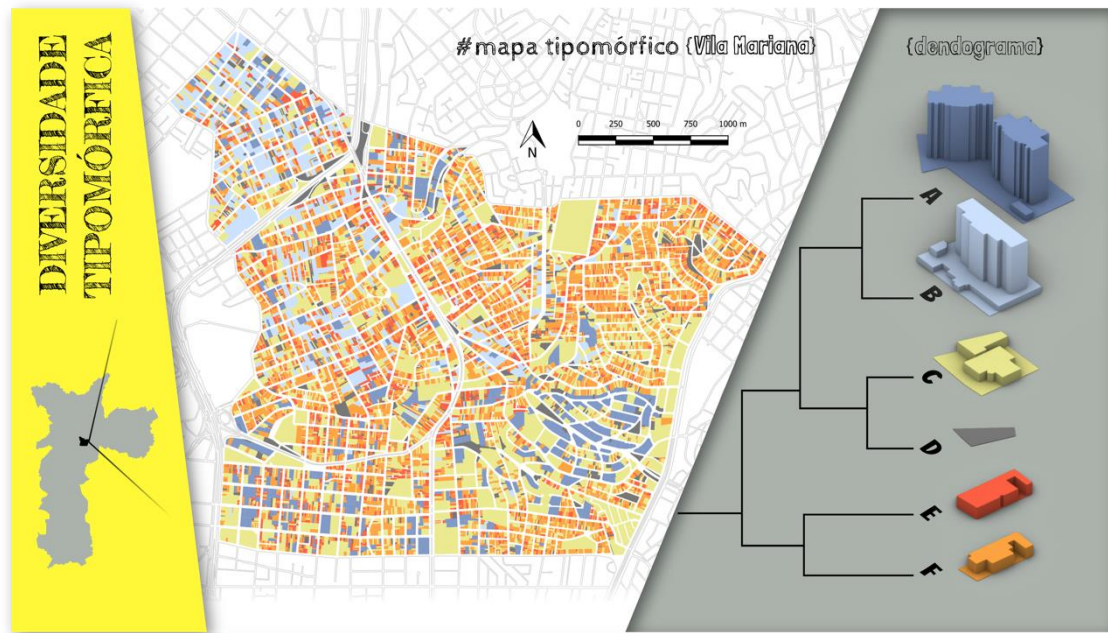
O principal objetivo do tratamento desses dados é transformá-los em informações, e este trabalho faz isso de algumas formas. O primeiro passo foi criar uma entidade a qual chamamos de tipo. Um tipo representa o lote edificado e suas informações levantadas. Depois de definidos, os tipos foram então agrupados pelo método da taxonomia numérica e agrupados. A partir do agrupamento dos tipos, podemos estudar e visualizar as volumetrias e a sua distribuição geográfica, conforme os resultados apresentados mais à frente. Dessa forma, podemos transformar dados em informação para análise crítica e quantitativa e para então promover a tomada de decisão.

### **O dendrograma de padrões, a síntese e alguns achados**

O resultado do método aplicado e a distribuição dos lotes edificados por grupos, que vamos considerar, para efeito deste trabalho, são os padrões de tipos do distrito da Vila Mariana. Graficamente ele pode ser representado por um mapa e por um diagrama específico, proposto no método, chamado de dendrograma, conforme o diagrama da Figura 2.

Conforme representado no mapa (Figura 2), esses padrões têm uma distribuição espacial descontinuada e heterogênea. Ou seja: não existem grandes áreas com o mesmo padrão, mas, de uma maneira empírica, é possível observar regiões com mais diversidade e concentração de padrões e outras um pouco mais dispersas e difíceis de estabelecer algum sentido.





**Figura 2.** Tipos da Vila Mariana em forma de dendograma a direita e distribuídos espacialmente no mapa (fonte: elaborada pelos autores).

Já no dendograma (Figura 2), quando adotamos os seis primeiros grupos de padrões, e os ilustramos com um elemento mediano do grupo, podemos ter uma ferramenta bastante interessante que pode representar bem a Vila Mariana na escala no lote edificado.

É possível observar a partir das informações dos grupos tabuladas (Tabela 1) que as médias dos índices urbanísticos e aspectos levantados, quando separados por grupos de padrões morfológicos, podem fazer muito mais sentido do que quando levantadas na população total.

	Área*	CA*	TO*	Edificações*	Testada*	Gabarito*	Recuo*	Empenas / Bordas*	Empenas / Volume*
<b>A</b>	1494,49 m <sup>2</sup>	4,71	38,76%	2,80	31,29 m	43,82 m	4,41 m	6,85%	0,31%
<b>B</b>	1109,47 m <sup>2</sup>	6,33	86,70%	2,53	24,80 m	42,81 m	2,80 m	73,10%	3,20%
<b>C</b>	599,91 m <sup>2</sup>	0,96	50,49%	1,68	14,47 m	6,71 m	0,61 m	27,70%	7,46%
<b>D</b>	290,15 m <sup>2</sup>	0,44	23,45%	0,01	8,58 m	4,73 m	0,41 m	7,72%	2,53%
<b>E</b>	141,01 m <sup>2</sup>	1,84	99,79%	1,25	6,38 m	6,51 m	0,00 m	88,19%	40,63%
<b>F</b>	232,28 m <sup>2</sup>	1,27	72,50%	1,47	8,40 m	6,29 m	0,03 m	60,22%	21,58%

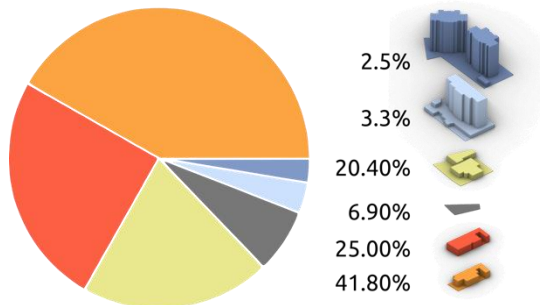
**Tabela 1.** Médias de algumas dimensões apuradas por grupo de padrão

Da mesma forma é possível supor que legislar com apenas um índice pode não ser conveniente e gerar desequilíbrios. Analisar a cidade apenas por áreas contínuas, sem levar em conta a diversidade tipomórfica pode ignorar a diversidade e dar uma visão ‘estatística’ para algo que é nitidamente muito mais complexo. Um fato que chama a atenção é a grande diferença numérica de alguns índices e aspectos. O CA dos padrões A e B é bastante superior aos demais, assim

como a testada, gabarito e recuo. Por um outro lado os padrões E e F tem muito mais empenas ‘coladas’ nos lotes vizinhos. O que é bastante compatível com um processo de transformação da paisagem urbana com remembramentos de lotes para viabilidade construtiva para obtenção de um potencial construtivo maior.

Essas peculiaridades também podem ser resultantes dos processos de parcelamento e loteamento do bairro, assim como sua

evolução à luz de uma sucessão de legislações. Mas é importante quantificar os padrões para sabermos a representatividade numérica de cada um desses grupos. Para tanto, criamos um gráfico numérico da quantidade de lotes edificadas em cada um dos padrões agrupados, conforme a Figura 3.



**Figura 3.** Proporção numérica de grupos de tipos encontrados no distrito da Vila Mariana (fonte: elaborada pelos autores).

Nela é possível observar que há também uma grande diferença numérica e de proporção entre os tipos encontrados. Observe-se que mesmo os lotes desocupados ou pouco edificadas do grupo D são proporcionalmente mais representativos dos que os grupos A e B somados. Ou seja, esses tipos com edificações altas e recuados no lote, que frequentemente vemos em ‘folhetos de incorporadoras’ são a minoria dos tipos encontrados na Vila Mariana. Essa é possivelmente uma evidência que o processo de transformação da paisagem urbana com remembramento de lotes esteja em plena atividade e tema à sua disposição ‘um estoque’ de mais de 2/3 dos lotes do distrito.

Esse processo em curso identificado, compatível com a verticalização observada na Vila Mariana (Figura 4), é em parte fruto das regras que incentivam o potencial construtivo nos eixos de transporte público na cidade, mas também é possivelmente resultado da demanda de mercado que busca o modo de vida condominial na região central da cidade, de certa maneira é incompatível com uso extensivo de transporte coletivo.

Não é o mote deste trabalho analisar a unidade individual nem tampouco o comportamento de uso dessas edificações e de modais de mobilidade. Mas existem evidências que os instrumentos de incentivo ao aumento dos potenciais construtivos nos eixos de transporte público possam também

não estar promovendo o aumento de uso dessa infraestrutura, e talvez até possam intensificar o uso de transporte individual reforçando ainda mais os desequilíbrios num processo bastante complexo que poderia envolver preço da terra, logística de transporte, malha viária, etc. Mas, neste trabalho, vamos nos ater à questão da morfologia em específico.



**Figura 4.** Dinâmica dos remembramentos de lotes no período de Janeiro de 2014 até Julho de 2017 na Rua Humberto I, 1005, Vila Mariana em São Paulo (fonte: elaborada pelos autores a partir de imagens do Google Maps Street View).

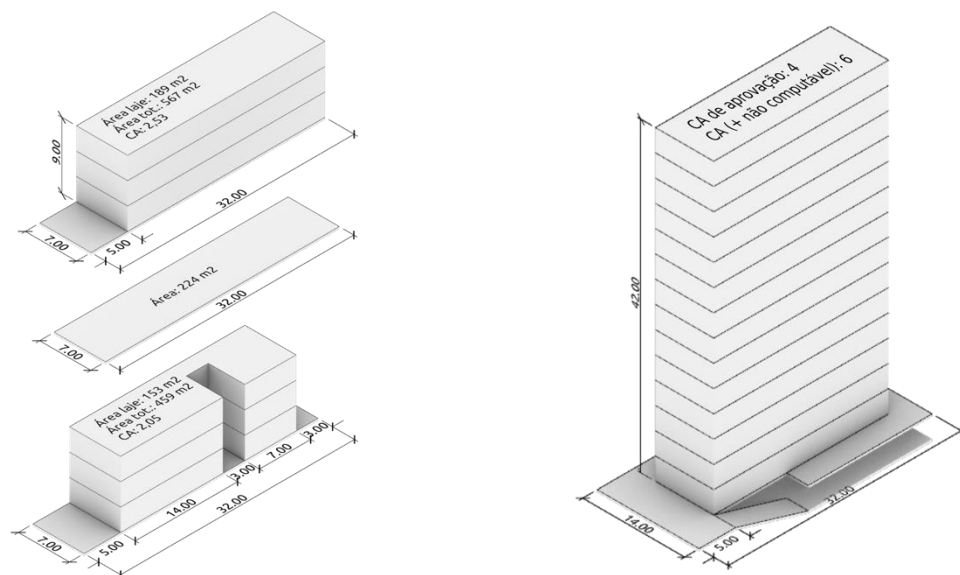
Nos números apresentados até agora na Figura 2 e Tabela 1, sobressaltam uma diferença enorme de vários dos índices e proporções, e pode-se constatar uma evidência empírica de que os lotes com testada pequena não têm o mesmo potencial construtivo que os lotes com testada maior. E que, portanto, estes não se beneficiam com os incentivos de potencial construtivo nos Eixos de Estruturação de Transporte Urbano. Para demonstrar isso vamos simular o adensamento construtivo proposto em um lote bastante compatível com a maioria dos lotes no distrito da Vila Mariana e que se encaixariam nos grupos D, E e F da Figura 2 descritos por seus índices na Tabela 1. Suponhamos uma situação de um lote na Vila Mariana com 7 metros de frente (testada) por 32 metros de fundo, ou seja, um terreno com área total de 224 m<sup>2</sup>, conforme representado



pelo diagrama isométrico da Figura 5 do lado esquerdo no centro. Obedecendo o recuo frontal de 5 metros teríamos possibilidade de edificar uma área de projeção de 189 m<sup>2</sup> e ficaríamos limitados a 10 metros de gabarito máximo (o que resultaria em um edifício com 3 pavimentos na prática) conforme a legislação vigente para todo o município de São Paulo. Para edificar verticalmente, além dos 10 metros de altura, existe uma exigência de um recuo lateral para os lotes vizinhos de, no mínimo, 3 metros de distância. Dessa forma, recuando 3 metros de cada lado não teríamos viabilidade para novos pavimentos, limitando nosso aproveitamento a um CA de 2,53 vezes o tamanho do lote. Porém, por se tratar de uso residencial, ainda teríamos que ter, algumas aberturas e recuos para iluminação e ventilação natural, o que reduziria o aproveitamento construtivo do lote para 2,05 vezes, um CA que representa a

metade do potencial construtivo de 4 nos EETUs – 1/3 do distrito da Vila Mariana. Mesmo que esse lote pertencesse ao ‘miolo de bairro’, ainda assim, estaria abaixo do potencial construtivo, que tem CA máximo de 2,5, incluindo as áreas não computáveis chegaria a 3,75. Porém, se lembrarmos dois lotes aos moldes do exemplo acima, passando a sua testada de 7 metros para 14 metros o potencial construtivo mudaria drasticamente. Passa-se a poder recuar lateralmente e nos fundos, não existindo restrições de gabarito para as edificações nos eixos contemplados com incentivo ao potencial construtivo.

No exemplo, ilustrado no diagrama isométrico da Figura 5 do lado direito, podemos perceber uma tipologia compatível com os padrões A e B identificados nas Figura 2 e Tabela 1.



**Figura 5.** Simulação de implantação de edificação residencial em dois exemplos lotes de exemplo na Vila Mariana. A esquerda um lote com testada de 7 metros e a direita dois lotes lembrados. A esquerda abaixo o resultado final do potencial construtivo com um CA de 2,05 e a direita onde o potencial pode chegar a 6, levando em conta áreas não computáveis (fonte: elaborada autores)

Com a possibilidade de verticalização, sem um limite de gabarito (aos edifícios fora dos EETUs, os de miolo de bairro tem uma restrição de 28 metros de gabarito), é possível facilmente atingir o potencial construtivo máximo de 4, sobretudo que pode chegar a 6, pois há possibilidade de excluir até 50% de áreas não computáveis. Isso resulta em uma edificação de cerca de 14 pavimentos com 2 subsolos, um gabarito de cerca de 42 metros de altura, bastante

compatível com o levantado nos padrões A e B da Figura 2.

Portanto, fica muito claro pelo estudo até aqui realizado que existe uma falta de isonomia na legislação do município de São Paulo, pois um lote com até 10 metros de testada não tem o mesmo potencial construtivo que um lote com testada maior. Essa falta de isonomia pode ter influência sobre diversos aspectos na paisagem urbana e em diversas dinâmicas da cidade: econômica,

mobilidade, social, uso, infraestrutura, etc. Pode também ser causa de uma série de outras articulações, intercambiando como consequência de outras tantas, o que é bastante compatível com os princípios de uma cidade complexa.

Uma vez que temos um problema de complexidade, onde causas e consequências podem trocar de papéis ou não ter papéis deterministicamente definidos, não podemos simplesmente ignorar os demais aspectos. É desejável se ter prudência e saber que pequenas alterações no estado inicial de sistemas complexos podem ter grandes consequências do estado atual e futuro (Mandelbrot, 2010)

Portanto, acreditamos que uma das possíveis abordagens para o restabelecimento do equilíbrio de potenciais construtivos entre lotes de dimensões distintas seria através da reflexão sobre a necessidade do recuo lateral. A legislação impõe a necessidade de recuos lateral possivelmente por questões culturais ligadas à privacidade e ‘higiene’, mas principalmente como instrumento de ordenação da produção imobiliária. O mercado imobiliário, por sua vez, segue as próprias regras da viabilidade econômica, buscando a demanda para a obtenção do lucro. É um jogo intrincado de poderes que acaba deixando de lado muitas vezes a autonomia do arquiteto e urbanista como proponente da cidade. Impor um determinado índice restritivo pode ter as implicações como as concluídas até aqui e ainda não ter tanta eficiência quanto se imagina.

Alguns dos possíveis argumentos dos que defendem os recuos laterais podem ser as questões ligadas a sombreamento e privacidade. Pensando nisso, resolvemos simular uma pequena alteração na legislação, passando de 10 para 24 metros a necessidade de recuos laterais. Ou seja, permitindo edificações de até 24 metros ‘coladas’ no lote vizinho, inspirados nos tipos das Eixamples de Barcelona, propostas por Cerdá, com edificações de cerca de 7 ou 8 pavimentos, com ventilação e iluminação laterais vinda de fossos, recortes, recuos frontais e de fundo.

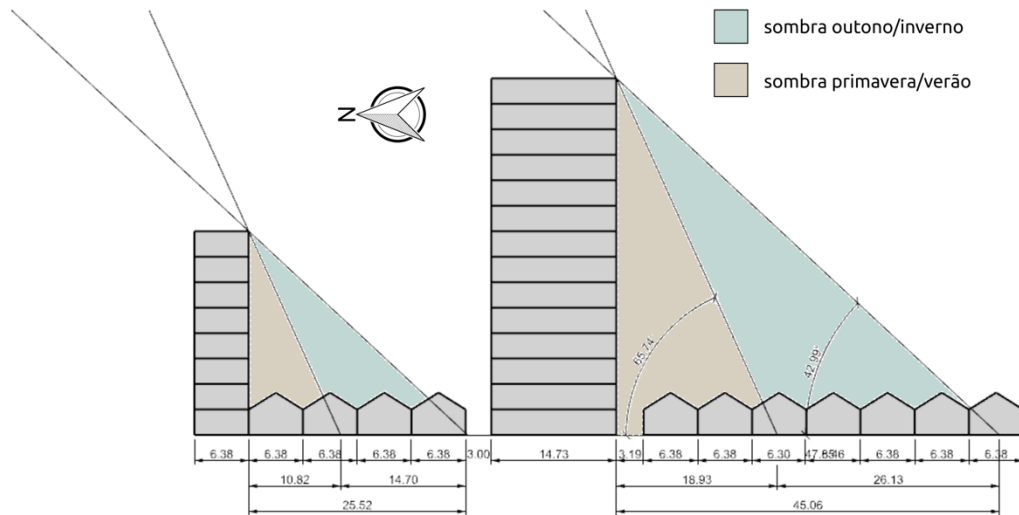
Conforme é possível observar na Figura 6, a esquerda temos uma edificação simulada com 8 pavimentos, 24 metros de gabarito, que não se enquadraria em nenhum padrão identificado nesse trabalho, gerando um sombreamento nos 6 meses mais frios do ano. E ao lado direito, um padrão identificado aqui neste trabalho como A e B, que mesmo com os recuos laterais acabam gerando um sombreamento mais abrangente nos lotes vizinhos e na cidade como um todo.

Ou seja, por 6 pavimentos a mais, mesmo com recuos laterais, temos uma sombra no solstício de inverno 68% maior do que a resultante do edifício simulado sob a sugestão de modificação na legislação. Isso nos leva a refletir sobre qual a perceptiva do legislador e planejador urbano ao considerar a obrigatoriedade de recuos laterais. Estaria ele pensando sob a perspectiva de quem está dentro do lote edificado ou da coletividade?

Não estamos ainda quantificando a paisagem urbana que é cedida de maneira não onerosa aos que ‘podem’ edificar nas alturas e ‘se isolar’ fisicamente da vizinhança e consequentemente da vida na cidade, nem tampouco as consequências para a vitalidade urbana dessa verticalização.

### **Princípio caótico do ordenamento urbano**

A diversidade é talvez um dos aspectos importantes da complexidade e buscamos aqui, em algum grau, propor um método para descrevê-la na escala do lote edificado. Alguns achados interessantes foram promovidos à medida que pudemos analisar o espaço construído por suas similaridades, mesmo que eles não estejam próximos geograficamente. Os agrupamentos resultantes podem dizer muito sobre eles e a cidade de maneira objetiva, sem ignorar a complexidade envolvida. Isso pode ser útil, por exemplo, para propor políticas públicas, planos diretores, planos regionais e principalmente para o planejamento urbano, pois torna possível testar os efeitos da aplicação de índices em grupos específicos e analisar os possíveis impactos nos mais diversos tipos.



**Figura 6.** Elevação esquemática do sombreamento gerado por dois edifícios na Vila Mariana, no período de um ano, no momento do dia em que o sol está mais alto. À esquerda um edifício proposto com 8 pavimentos sem recuos laterais e a direita um edifício com 14 pavimentos, recuado do lote vizinho por 3 metros conforme a legislação vigente do município de São Paulo (fonte: elaborada pelos autores).

Sobretudo, o que pudemos identificar é que no caso da cidade de São Paulo no distrito da Vila Mariana, uma pequena alteração em apenas um dos índices urbanísticos - o recuo lateral - poderia reestabelecer um equilíbrio de potencial construtivo e ter consequências em diversos processos e articulações, afetando inúmeros aspectos de paisagem, econômicos, sociais, ambientais, entre outros. Isso pode nos remeter a uma nova hipótese, de que as cidades possam ser estudadas como fenômeno caótico. Essa abordagem é muito similar às definições da teoria do caos de Lorenz, onde uma pequena alteração nos estados iniciais de um sistema ou processo complexo podem mudar significativamente os resultados. Porém, como são muitas as dimensões envolvidas nos processos de produção do tecido urbano, seria desejável também uma abordagem pela teoria dos jogos como método de simulação de impactos de modificações em índices urbanísticos antes de aplicá-los em definitivo.

A conclusão que a cidade de uma maneira geral é um sistema caótico pode ser prematura, mas é compatível com outros sistemas complexos definidos por vários autores. Seria desejável então reproduzir este método aqui, propondo sua aplicação em

### Notas

<sup>1</sup> Este artigo foi submetido originalmente até o prazo de 20 de julho de 2019 ao PNUM 2019 Maringá. A seleção dos artigos foi feita pelos

outras cidades ou porções de tecidos urbanos sujeitos a outras legislações para se ter mais evidências de que o planejamento urbano teria esse princípio caótico implícito e poderia ser estudado por métodos e modelos matemáticos para essas finalidades.

É importante também salientar que o arquiteto e urbanista é o profissional habilitado para resolver, melhor do que qualquer implicação legal, as questões técnicas da edificação e conseqüentemente da cidade. Mudar o foco da legislação de simples parâmetros e imposição de índices urbanísticos para desempenho (a exemplo da NBR 15.575 para edificações) poderia devolver ao profissional de arquitetura a sua autonomia e posição de proponente e prescritor do habitat humano e suas edificações. Dessa maneira, talvez, teríamos uma cidade um pouco menos óbvia, com mais diversidade e possivelmente mais vitalidade. Mas para isso é necessário treinarmos nosso olhar para a complexidade: o entorno e seu compromisso com o todo, a cidade, as pessoas, as futuras gerações, o planeta, a vida!

editores desta seção temática entre 24 de agosto e 29 de outubro de 2019. As versões revisadas foram enviadas até o dia 10 de dezembro de 2019.

## Referências

- Alexander, C. (1965) A City is not a Tree Part I. *Architectural Forum*. 122 (1), 58-62. A City is not a Tree Part II. *Architectural Forum*. 122 (2), 58-62.
- Alexander, C. et al. (2013) *Uma Linguagem de Padrões: A Pattern Language*. Porto Alegre, Bookman.
- Jacobs, J. (2011) *Morte e Vida de Grandes Cidades.*, 3 ed, São Paulo, WMF Martins Fontes.
- São Paulo. (2014) Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, *Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo*. Diário Oficial do Município de São Paulo. São Paulo, Prefeitura do Município de São Paulo.
- São Paulo. (2016) Lei nº 16.420, de 22 de março de 2016. *Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo*. São Paulo, Diário Oficial do Município de São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo.
- Mandelbrot, B. (2010) *Ted Talks. Benoit Mandelbrot: Fractais e a arte da rugosidade*. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/benoit\\_mandelbrot\\_fractals\\_the\\_art\\_of\\_roughness?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness?language=pt-br) [Consultado em: 26 de novembro de 2018]
- Sokal, R. R. & Sneath, P. H. A. (1963) *Principles of Numerical Taxonomy*. San Francisco, W.H. Freeman.
- Venturini, Jacir J. (2018) *Álgebra vetorial e geometria analítica*. 10 ed. Curitiba, Livrarias Curitiba. Disponível em: <http://www.geometriaanalitica.com.br> [Consultado em: 17 setembro de 2018]

## Tradução do título, resumo e palavras-chave

*Tipomorphic taxonomy: a method for classifying urban morphological diversity*

**Abstract.** This article aims to demonstrate a mathematical and algorithmic method to study the city under the premises of complexity, identifying morphological patterns through numerical taxonomy, which, similarly in the Biology, is used to classify species by their similarities, defining groups and hierarchical relationships. The study uses as a clipping, for methodological application, the district of Vila Mariana in the São Paulo city, which has more than 1/3 of its area destined to Axes of Structuring and Urban Transformation. Preliminary results of the classification, in the scale of the built lot, show that a few groups with very similarity end up concentrating the great majority of the types of the studied area, making possible a grouping by the numerical taxonomy, here qualified as typomorphic. A relevant finding evidenced by the results is the lack of isonomy that lots with street edge smaller than 10m, have in relation to larger lots. However, small adjustments in the urbanistic indices can restore the balance and contribute to a greater diversity of the buildings form.

**Keywords.** morphological patterns, city complexity, numerical taxonomy, urban planning, morphological diversity.

Editores responsáveis pela submissão: Karin Schwabe Meneguetti, Renato Leão Rego e Gislaíne Elizete Beloto.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.

