

Mara Lúcia Marques

Orientador:  
Prof. Dr. Marcos César Ferreira

*a*

NÁLISE DIRECIONAL DO  
CRESCIMENTO URBANO DA  
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO  
PAULO ENTRE 1905 E 2001,  
UTILIZANDO-SE A DIMENSÃO  
FRACTAL

100

pós-

## RESUMO

Este estudo teve como propósito principal compreender o processo de expansão do aglomerado urbano da região metropolitana de São Paulo no período 1905 a 2001. Para tanto, foi empregada uma metodologia baseada em análise fractal, para a identificação dos fatores que influenciaram a forma urbana ao longo do tempo e determinaram a distribuição espacial das estruturas e da densidade de ocupação de áreas urbanizadas. Este estudo foi realizado a partir de mapas temáticos e imagens orbitais relativos ao período 1905-2001. Partindo-se da associação dos métodos de círculos concêntricos e contagem de células, foi realizada a estimativa da dimensão fractal por densidade de preenchimento ( $D_d$ ). Os resultados mostraram que o aglomerado urbano apresentou, no período analisado, valores médios  $D_d$  (1,755) ou tendência de adensamento heterogêneo por área construída, entre os círculos centrais e periféricos do aglomerado urbano. A análise fractal multidirecional de crescimento foi realizada em oito setores radiais de expansão urbana, cujos valores médios do parâmetro  $D_d$  para cada setor, no período 1905-2001, são abaixo mencionados: (I) Cantareira = 1,829; (II) Zona Leste = 1,898; (III) Mauá = 1,848; (IV) Ipiranga = 1,852; (V) Billings = 1,858; (VI) Santo Amaro/Interlagos = 1,848; (VII) Castelo Branco/Anhangüera = 1,859; e (VIII) Anhangüera/Bandeirantes = 1,863. Dentre os fatores que influenciaram o comportamento fractal desses setores, destacam-se: a ocupação fragmentada pela topografia, hidrografia e restrições jurídico-ambientais nos setores I, III, IV, V, VI e VIII; já nos setores II, III, IV, VI e VII, o maior adensamento foi impulsionado por incentivos públicos e de infra-estrutura, que contribuíram para a concentração industrial e de serviços.

## PALAVRAS-CHAVE

Dimensão fractal, aglomerados urbanos, região metropolitana de São Paulo, expansão urbana, análise espacial.

ANÁLISIS DIRECCIONAL DEL  
CRECIMIENTO URBANO DE LA REGIÓN  
METROPOLITANA DE SÃO PAULO ENTRE  
1905 Y 2001, UTILIZANDO LA DIMENSIÓN  
FRACTAL

pós- | 101

## RESUMEN

El objetivo principal de ese estudio fue comprender el proceso de expansión de la aglomeración urbana de la región metropolitana de São Paulo entre los años 1905 y 2001. Para eso, se utilizó una metodología basada en el análisis fractal, para la identificación de los factores que influyeron en la forma urbana a lo largo del tiempo y que determinaron la distribución espacial de las estructuras y la densidad de ocupación de áreas urbanizadas. El estudio se realizó utilizando mapas temáticos e imágenes orbitales relativas al período 1905-2001. A partir de la asociación de los métodos de círculos concéntricos y conteo de células se realizó la estimativa de la dimensión fractal por densidad de llenado ( $D_d$ ). Los resultados demostraron que la aglomeración urbana presentó en el período valores promedios  $D_d$  (1,755) o una tendencia de llenado heterógeno por área de construcción, entre los círculos centrales y periféricos de la aglomeración urbana. Se realizó el análisis fractal multidireccional de crecimiento en ocho sectores radiales de expansión urbana, cuyos valores promedios del parámetro  $D_d$  en el período 1905-2001 son los siguientes: (I) Cantareira = 1,829; (II) Zona Leste = 1,898; (III) Mauá = 1,848; (IV) Ipiranga = 1,852; (V) Billings = 1,858; (VI) Santo Amaro/ Interlagos = 1,848; (VII) Castelo Branco/ Anhangüera = 1,859; y (VIII) Anhangüera/ Bandeirantes = 1,863. Entre los factores que influenciaron el comportamiento fractal de estos sectores se destaca la ocupación fragmentada por la topografía, la hidrografía y por restricciones jurídico-ambientales en los sectores I, III, IV, V, VI y VIII; y en los sectores II, III, IV, VI y VII, el adensamiento fue impulsado por incentivos públicos y de infraestructura, que contribuyeron para la concentración industrial y de servicios.

## PALABRAS CLAVE

Dimensión fractal, aglomeraciones urbanas, región metropolitana de São Paulo, expansión urbana, análisis espacial.

DIRECTIONAL ANALYSIS OF SÃO  
PAULO METROPOLITAN REGION  
URBAN GROWING (1905-2001),  
USING FRACTAL DIMENSION

### ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the growing process of São Paulo metropolitan area urban agglomeration, from 1905 to 2001. Fractal analysis was used to identify factors that influenced the urban shape, spatial distribution of structures and the density of the occupation in the urbanized areas. This study was accomplished to thematic maps and orbital images. Using the association between concentric circles and cell count methods, the fractal dimension was measured to yield occupational density ( $D_d$ ) of the urban areas. Urban agglomeration showed means values of  $D_d = 1.755$  – which reflect a non-homogeneity in the filling pattern of the density from central to peripheral circle of urban space. Mean fractal dimension of urban radial growing was calculated to eight urban radial sectors as following: (I) Cantareira=1.829; (II) East Zone=1.898; (III) Mauá=1.848; (IV) Ipiranga=1.852; (V) Billings=1.858; (VI) Santo Amaro/Interlagos=1.848; (VII) Castelo Branco/Anhangüera=1.859; and (VIII) Anhangüera/Bandeirantes=1.863. Among determinants factors on fractal behavior of the sectors I, III, IV, V, VI e VIII, the topographical, hydrographical and environment-legal constraints did influence on fragmented occupation; and for sectors II, III, IV, VI e VII the high density of the occupation was supported by the public incentives on industrial, business and road development.

### KEY WORDS

Fractal dimension, urban agglomeration, São Paulo metropolitan area, urban expansion, space analysis.

## I – INTRODUÇÃO

A estruturação do espaço urbano está vinculada a uma tendência histórica da função socioeconômica das cidades, sendo a abrangência espacial dessa função capaz de hierarquizar a área urbana em territórios locais e regionais. Nessa perspectiva, as estruturas intra-urbanas seriam mais suscetíveis às alterações decorrentes das oscilações socioeconômicas, enquanto, em âmbito regional, as estruturas urbanas não oscilam com a mesma frequência no tempo (SANTOS, 1983).

Um modelo de análise capaz de compreender essa dinâmica urbana deve propiciar o entendimento da interação espacial das atividades desenvolvidas no espaço urbano (TORRENS, 2001). Essa dinâmica pode ser caracterizada, para Carlos (1994), por uma série de fluxos ou trocas entre áreas de origem e de destino, baseadas na proporção de atração de determinadas áreas sobre outras. Nessa dinâmica ocorre a descentralização das áreas urbanas em relação às atividades e às estruturas e têm proporcionado crescimento progressivo, de acordo com a tendência econômica dos setores de prestação de serviços, estimulando mudanças de localização das atividades para os subúrbios e para as áreas marginais às principais vias de circulação (TORRENS, 2001).

A análise temporal do desenvolvimento das estruturas urbanas deve ser realizada por modelos teóricos comprometidos com a representação da descentralização e com a distribuição e a organização das estruturas intra-urbanas.

A análise fractal tem sua aplicação na identificação da regularidade e da simplicidade das informações espaciais diversificadas, irregulares e complexas, fornecendo uma abordagem rigorosa para fundamentar a representação quantitativa e geométrica do espaço real, utilizando-se a dimensão fractal.

A dimensão fractal aplicada como modelo de análise de áreas urbanas pode refletir a ação de fatores inerentes à distribuição das estruturas urbanas no espaço, às condições favoráveis para mobilidade da população, a existência de programas habitacionais e de infra-estrutura urbana, além de rigoroso controle do processo de ocupação dos espaços vazios, comparando-se os valores de dimensão fractal entre as áreas centrais e as periféricas.

O estudo multitemporal da região metropolitana de São Paulo, no período 1905 a 2001, aplicando a análise fractal, teve por propósito compreender o processo de expansão do aglomerado urbano em um intervalo de tempo de acentuada expansão territorial e crescimento populacional. Neste estudo, os fatores que influenciaram a dinâmica geográfica, como as iniciativas públicas de incentivo ao crescimento, os programas de habitação, os programas de melhoramento das vias públicas e do transporte coletivo, a urbanização, a reurbanização e a implantação de leis ambientais foram temporalmente relacionadas ao valor da dimensão fractal do desenvolvimento de cada setor direcional, a fim de estabelecer relações entre a forma e os determinantes socioeconômicos no período de intensificação do processo de urbanização e metropolização de São Paulo.

Para tanto, constituem-se como objetivos:

- a) Identificar o comportamento fractal multitemporal e multidirecional dos diferentes setores de crescimento da região metropolitana de São Paulo, no período 1905-2001, a partir da relação de densidade de ocupação;
- b) analisar a influência de fatores físicos e antrópicos sobre o crescimento do aglomerado em cada setor, a forma de preenchimento do espaço e a morfologia urbana, no período 1905-2001.

## 2 – MODELOS DE ESTRUTURA E DE CRESCIMENTO URBANO

A definição do espaço como resultado da materialização das atividades humanas fornece ao espaço urbano uma forma com função e significado social. Assim, o espaço urbano seria estruturado e não organizado ao acaso, apresentando estruturas urbanas historicamente definidas, construídas, trabalhadas e praticadas pelas relações sociais, permitindo a articulação entre as instâncias políticas, econômicas e ideológicas do modo de produção (CASTELLS, 1976).

Em uma perspectiva histórica, o modelo de zonas concêntricas, originalmente elaborado por Burgess em 1925, possibilita a análise dos aspectos sociológicos do crescimento urbano, observando as seguintes características: (a) a reprodução do crescimento, do centro para o exterior; (b) a tendência de extensão do crescimento, igualmente por todas as direções; (c) a cidade é representada por um modelo de zonas concêntricas por mostrar uma estrutura interna ideal. A partir desse modelo, Garner (1975) e Kivell (1993) representaram a estrutura urbana de acordo com a teoria de uso e valor do solo. Essa teoria considera a área central mais valorizada por concentrar as atividades comerciais, sociais, culturais e industriais, sendo ainda o foco dos transportes urbanos (KIVELL, 1993).

Os modelos tradicionais de uso da terra e de transportes possuem, comumente, senso teórico formulado nas diferentes manifestações temporais das estruturas urbanas e na distribuição das atividades desenvolvidas. Assim, estruturalmente, as cidades são consideradas monocêntricas, organizadas com um único centro dominante e circundadas de satélites de atividades nucleadas na periferia, dispersadas gradativamente com a distância do *core* urbano (CARTER, 1987).

Esses modelos têm fornecido uma compreensão satisfatória dos princípios da evolução espacial da estrutura urbana. Contudo, o rápido crescimento das cidades trouxe novos focos de atividades, tornando limitada a aplicabilidade desses modelos. Os modelos recentes de estrutura urbana incluem, em seus padrões, sistemas suburbanos de atividades comerciais e residenciais, novas formas de atividades, como produtos manufaturados e a possibilidade da intervenção pública, como fatores determinantes da estrutura urbana. Nesses modelos, o valor da terra e a acessibilidade não são uniformes, mas variam conforme as alterações na relação entre a acessibilidade (melhorias e custos) e o uso do solo urbano, materializando um processo de ocupação do espaço urbano imediato e aparente, pois acompanha a tendência econômica em evidência na perspectiva social e histórica da cidade (KIVELL, 1993).

O emprego de dados qualitativos e quantitativos na modelagem urbana, para representar a abrangência espacial da análise urbana, permite o desenvolvimento de uma teoria urbana a partir da morfologia do uso do solo, uma vez que o preenchimento do espaço é de grande valor na mensuração da estrutura urbana (LONGLEY; MESEV, 2000).

### 3 – ANÁLISE FRACTAL DO CRESCIMENTO URBANO

Um fractal é definido, genericamente, como um conjunto geométrico, constituído de pontos, linhas, áreas e volumes, cujo comportamento morfológico ocorre de maneira irregular (GOODCHILD, 1980; GOODCHILD; MARK, 1987).

Uma das propriedades do fractal é a possibilidade de quantificação da dimensão fractal, que tem por característica apresentar uma forma constituída por pares similares, ou a auto-similaridade, o que implica em um padrão dentro do padrão, mantido segundo as variações escalares. A auto-similaridade fornece ao geógrafo uma nova maneira de medir, analisar e compreender a complexidade do espaço (DE COLA; LAM, 1993). A dimensão mais utilizada e mais freqüentemente relatada na bibliografia é a dimensão de Hausdorff-Besicovitch, na qual os objetos fractais se encontram associados a um valor de dimensão fractal que demonstra seu grau de complexidade (rugosidade, irregularidade, fragmentação) (GOODCHILD; MARK, 1987; KLINKENBERG et. al., 1992).

A geometria clássica aborda o espaço com base nos preceitos da geometria euclidiana de  $n$  dimensões, examinando as formas espaciais a partir de elementos gráficos como pontos, linhas e polígonos. Esses elementos ou objetos são conhecidos como idealizações que não possuem comprimento característico nem tamanho absoluto. Apesar de a geometria clássica determinar vários atributos dos objetos, não pode caracterizar precisamente as formas, exceto por estabelecer correspondências (igualdade e similaridade) entre um dado objeto geográfico e objetos geométricos ideais simples (linhas ou elipses). Por outro lado, a geometria fractal retoma a riqueza original do fenômeno, permitindo que ele seja representado em diversas dimensões e visualizado em múltiplas escalas (DE COLA; LAM, 1993; UNWIN, 1989; XU et. al., 1993).

Na análise de áreas urbanas, uma das primeiras aplicações possíveis é o estudo do uso e ocupação do solo, principalmente o uso do solo por área construída. Essa análise pode abordar características bem diferentes, dependendo do nível de observação utilizado. A representação cartográfica em âmbito regional apresenta certas informações relacionadas à repartição espacial das aglomerações e sobre a forma de suas extensões. O outro âmbito, o local, apresenta informações sobre as características das habitações, das vias de circulação e das quadras. Considera-se o fractal uma forma de comparar os diferentes níveis de observação, analisando os elementos de uma estrutura com variações que exprimem desde noções de homogeneidade interna como de fragmentação espacial das áreas construídas nas cidades (BATTY et. al., 1989; FRANKHAUSER, 1994).

A densidade de construções e a densidade de população são variáveis que podem ser utilizadas na caracterização da situação sociodemográfica de

aglomerações metropolitanas por meio de análise fractal. Existem vários métodos para a análise fractal de cidades; entre eles se destacam o método radial e o método de quadrículas (FRANKHAUSER, 1994).

O método radial analisa a diluição radial da superfície construída das áreas metropolitanas, permitindo a determinação da extensão média da zona urbana a partir da estrutura de construção, sendo a maior concentração de área construída posicionada no centro urbano e dispersão espacial direcionada para as áreas periféricas. O método baseado em quadrículas analisa a superfície construída, como se esta fosse constituída por várias agregações. A superfície urbanizada no mapa é coberta por um papel quadriculado ou por malha *raster* digital, com resolução variável. Em qualquer resolução escolhida, pode-se quantificar o número de células preenchidas por elementos da estrutura urbana.

No estudo do desenvolvimento urbano de uma metrópole, pode-se realizar uma seqüência temporal de análise por dimensão fractal, e tentar estabelecer-se uma relação entre a linha do tempo e o crescimento dessa aglomeração, considerando, para cada período, os respectivos planos de urbanização. Com a observação das características fractais, em cada período, pode-se demonstrar que a extensão espacial é, efetivamente, um processo de crescimento que preserva os aspectos fragmentados da aglomeração durante longos períodos, o que pode ser chamado de dimensões históricas do crescimento urbano, levando a estabelecer uma ligação entre evolução espacial das cidades e a fragmentação das aglomerações (BATTY; LONGLEY, 1994; FRANKHAUSER, 1994).

## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 – Área de estudo e materiais

A região metropolitana de São Paulo está localizada no estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, formada por 39 municípios<sup>1</sup>. O material cartográfico, referente à distribuição espacial das áreas construídas na região metropolitana de São Paulo (RMSP), foi selecionado de acordo com as bases históricas das mudanças políticas, sociais e econômicas, considerando a existência, disponibilidade e acessibilidade às bases cartográficas da RMSP. Por isso, foram selecionados os mapas disponíveis no trabalho de Villaça (1978), nas datas 1905, 1914, 1930, 1940, 1952, 1962 e 1972, na escala 1:250.000. As informações do período 1996 e 2001 foram obtidas pelas imagens TM e ETM+ (LANDSAT), nas bandas verde (2), vermelho (3) e infravermelho próximo (4), com resolução espacial de 30 m.

Em análises multitemporais, os dados cartográficos e as imagens orbitais podem se constituir em fonte de limitação na aquisição da informação, devido às diferenças na interpretação de dados de uso e ocupação do solo, assim como as diferenças de dados orbitais produzidas pelo avanço da tecnologia de aquisição, interferindo na resolução da imagem e interpretação dos objetos da superfície terrestre.

(1) Arujá, Barueri, Biritiba Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guararema, Guarulhos, Itapeverica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Juquitiba, Mariporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santa Isabel, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, Suzano, Taboão da Serra, São Paulo e Vargem Grande Paulista.

#### 4.2 – Elaboração da base de dados espaciais

Para a delimitação da classe área construída, a partir da interpretação de objetos urbanos e não-urbanos, empregou-se o processamento digital de imagem do sistema IDRISI 32 (ESTMAN, 1999) no tratamento das imagens TM e ETM+ (LANDSAT): (a) o realce de borda, realizando a filtragem passa-alta para enfatizar as altas frequências espaciais e melhorar o contraste das imagens, destacando os limites da ocupação urbana; (b) o realce linear, realizado a partir da análise do histograma das imagens, e promovendo a expansão da distribuição da frequência na amplitude da variação dos níveis de cinza das imagens; (c) o realce de cor, resultando uma imagem de composição colorida, que associou ao espaço RGB (Red/Green/Blue) as bandas 4 (R), banda 3 (G) e banda 2 (V). As imagens com composição colorida 4/3/2 foram exportadas para o AUTOCAD R14, no qual foram utilizadas como base para a digitalização em tela, a partir de recursos de interpretação visual como: textura, padrão, forma, cor e localização. Essa digitalização também foi empregada no material cartográfico no formato analógico, convertido para o formato digital, com o intuito de gerar-se arquivos vetoriais. Todos os planos de informação obtidos foram exportados para o programa IDRISI32 e estruturados no formato *raster* (matricial), com resolução espacial de 30 m. As imagens geradas tiveram suas coordenadas cartesianas convertidas para o sistema de coordenadas planas UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator), cujos valores foram coletados na *Carta topográfica da região metropolitana da Grande São de Paulo*, na escala 1:100.000 da Emplasa, ano de 1982. Esse procedimento teve por finalidade a unificação da base cartográfica digital, gerando uma base de dados com mesma escala 1:100.000 e mesma resolução espacial (30 m). Foram utilizados 8 (oito) pontos de controle para cada imagem, e como algoritmos de correção, o linear e o vizinho mais próximo. Com esse procedimento foram obtidos mapas digitais que representam o crescimento do aglomerado urbano nas respectivas datas: 1905, 1914, 1930, 1940, 1952, 1962, 1972, 1996 e 2001.

#### 4.3 – Análise espacial urbana em SIG

A base de dados digital com escala 1:100.000 e coordenadas UTM foi utilizada para localizar e considerar a praça da Sé como o ponto inicial do desenvolvimento urbano de São Paulo, determinando a localização do ponto central com coordenadas (333.100; 7.394.900). A partir desse ponto central foi processada uma imagem de análise de superfície com valores contínuos de distância, na qual os valores aumentam com o afastamento do ponto de referência. Essa imagem de distâncias foi reclassificada e gerou uma imagem de distâncias com intervalos de 1km, estruturados em círculos concêntricos, com raios variando de 1 a 55 km. Para cada círculo concêntrico foram calculados seus valores de área (km<sup>2</sup>). Os mapas históricos do aglomerado da RMSP de 1905, 1914, 1930, 1940, 1952, 1962, 1972, 1996 e 2001 foram individualmente sobrepostos à imagem dos círculos concêntricos, gerando-se nove mapas, os quais apresentaram as variações de ocupação do solo pela classe área construída, partindo-se do afastamento do ponto central e inicial do desenvolvimento urbano. Foram calculados os valores de área ocupada pela classe área construída em cada círculo concêntrico, nas datas analisadas.



#### 4.4 – Estimativa da dimensão fractal para os setores direcionais de crescimento do aglomerado urbano da região metropolitana de São Paulo

A dimensão fractal  $D_g$ , pode ser adotada como o parâmetro que estima a densidade de áreas construídas em relação às distâncias, a partir do centro da cidade. Se toda a área for construída dentro de um determinado círculo com raio conhecido, o valor de área ocupada pode ser substituído pelo valor da área do círculo; logo, a dimensão fractal é máxima ou  $D_g=2$ . Se existem áreas construídas, mas sua densidade diminui conforme se afasta o centro,  $D_g$  será menor de 2. Observa-se que a área total do raio cresce em uma taxa mais rápida que a área construída, conforme se afasta do centro. Isso implica que as margens da estrutura se tornam altamente esparsas, à medida que a estrutura cresce. Na obtenção dos valores de dimensão fractal, utilizou-se a associação do método de círculos concêntricos com o método de contagem de células. Para a mensuração da dimensão fractal, considera-se a resolução fixa  $r$  e valor de comprimento de cada raio, baseando-se na medida de densidade do objeto (área construída), a começar do número de partes ou valor de área ocupada por cada círculo concêntrico e valor de área de ocupação por área construída (BATTY; LONGLEY, 1994; FRANKHAUSER, 1994). Calculou-se a dimensão, partindo-se da densidade de ocupação por área construída  $r(R)$ , com distância  $R$  iniciando do centro, utilizando a equação 1.

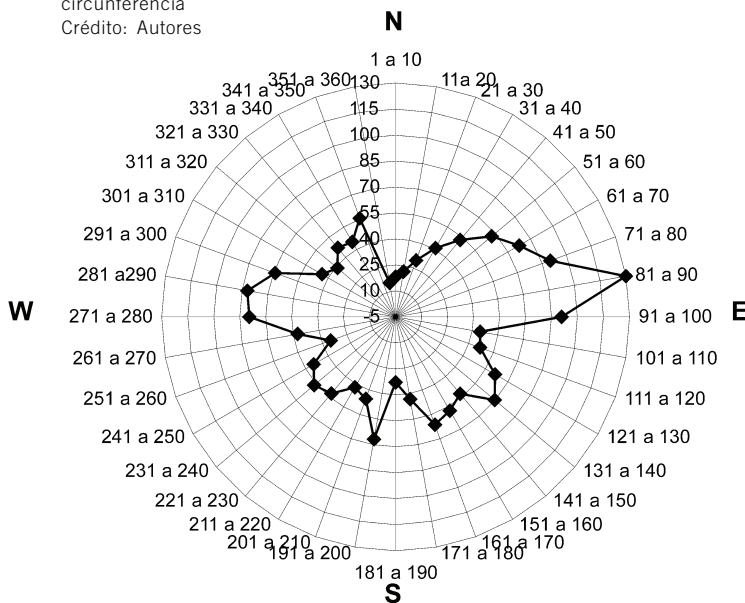
$$D(R) \approx 2 + \frac{\log \rho(R)}{\log R}$$

Para estimativa das dimensões fractais dos setores direcionais de crescimento da região metropolitana de São Paulo, foram adotados os procedimentos: (a) Uma circunferência com raio de 55 km<sup>2</sup> foi criada no *software* AUTOCAD, a qual foi dividida em 36 setores de 10° (dez graus cada) e, posteriormente, exportada para o

sistema IDRISI 32; (b) No IDRISI 32, a imagem vetorial de setores, correspondentes aos segmentados na circunferência (a), foi estruturada no formato *raster* e passou pelo processo de georreferenciamento, sendo as coordenadas cartesianas convertidas para o sistema de coordenadas UTM, gerando, dessa forma, uma imagem classificada em setores direcionais circulares; (c) Em seguida, a imagem de setores direcionais foi sobreposta à imagem do aglomerado urbano da região metropolitana de São Paulo de 2001. Tornando-se imagem resultante, calculou-se a quantidade de células ocupadas por área construída, em cada setor de 10°, de circunferência. Os valores obtidos foram utilizados para a construção do histograma de frequência

(2) Valor máximo atingido pela distância do centro urbano (praça da Sé) da periferia da expansão urbana, em 2001.

Figura 1: Diagrama de frequência de área construída em cada intervalo de 10° de circunferência  
Crédito: Autores



de área construída, em cada intervalo de 10° na data de 2001. O histograma e o diagrama de freqüência (Figura 1) foram utilizados para a identificação dos intervalos semelhantes quanto à magnitude de crescimento de área construída. Esse processo de identificação permitiu a classificação de oito setores direcionais com padrões distintos de crescimento urbano na região metropolitana de São Paulo (Tabela 1);

Tabela 1: Setores direcionais de crescimento da região metropolitana de São Paulo  
Crédito: Autores

Código	Intervalo em graus	Setor
I	351 a 50	Cantareira
II	51 a 100	Zona Leste
III	101 a 140	Mauá
IV	141 a 170	Ipiranga
V	171 a 200	Billings
VI	201 a 260	Santo Amaro/Interlagos
VII	261 a 320	Castelo Branco/Anhangüera
VIII	321 a 350	Anhangüera/Bandeirantes

(d) Posteriormente, os intervalos em graus de cada classe foram utilizados para reclassificar a imagem de setores direcionais – obtida no item (c) – resultando em diagrama circular com setores direcionais, cujos limites são descritos na Tabela 1; (e) Os mapas do aglomerado urbano da região metropolitana, nas datas analisadas, foram sobrepostos aos diagramas dos setores direcionais; (f) A partir dos mapas resultantes, isolou-se cada um dos oito setores direcionais em cada data analisada. Esses mapas foram sobrepostos à imagem de distância, com raios de 1 a 55 km, a partir do centro do aglomerado urbano. Para cada mapa, calculou-se a área construída e a área total em cada data analisada, no período 1905-2001, contida em cada trapézio circular referente a cada setor direcional de crescimento; (g) Os valores de área construída e de área total foram empregados na estimativa da dimensão fractal dos oito setores direcionais em todas as datas, utilizando-se a equação 1.

#### 4.4.1 – Procedimentos para agregação por características fractais de crescimento

Para interpretar as similaridades das características fractais de crescimento, os setores direcionais foram discriminados em conjuntos de comportamento estimados pela média e coeficiente de variação, a partir dos procedimentos: (a) Estimativa da média e do desvio-padrão da dimensão fractal do aglomerado urbano em cada setor, no período 1905-2001; (b) Estimativa da média e do desvio-padrão geral da dimensão fractal do aglomerado urbano no período 1905-2001; (c) Estimativa do coeficiente de variação (*Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub>) da dimensão fractal do aglomerado urbano de cada setor e de todo o aglomerado foi determinada a partir da equação 2.

$$\text{Coef. variação} = \left( \frac{\text{desv. pad.}}{\bar{X}} \right) \times 100,$$

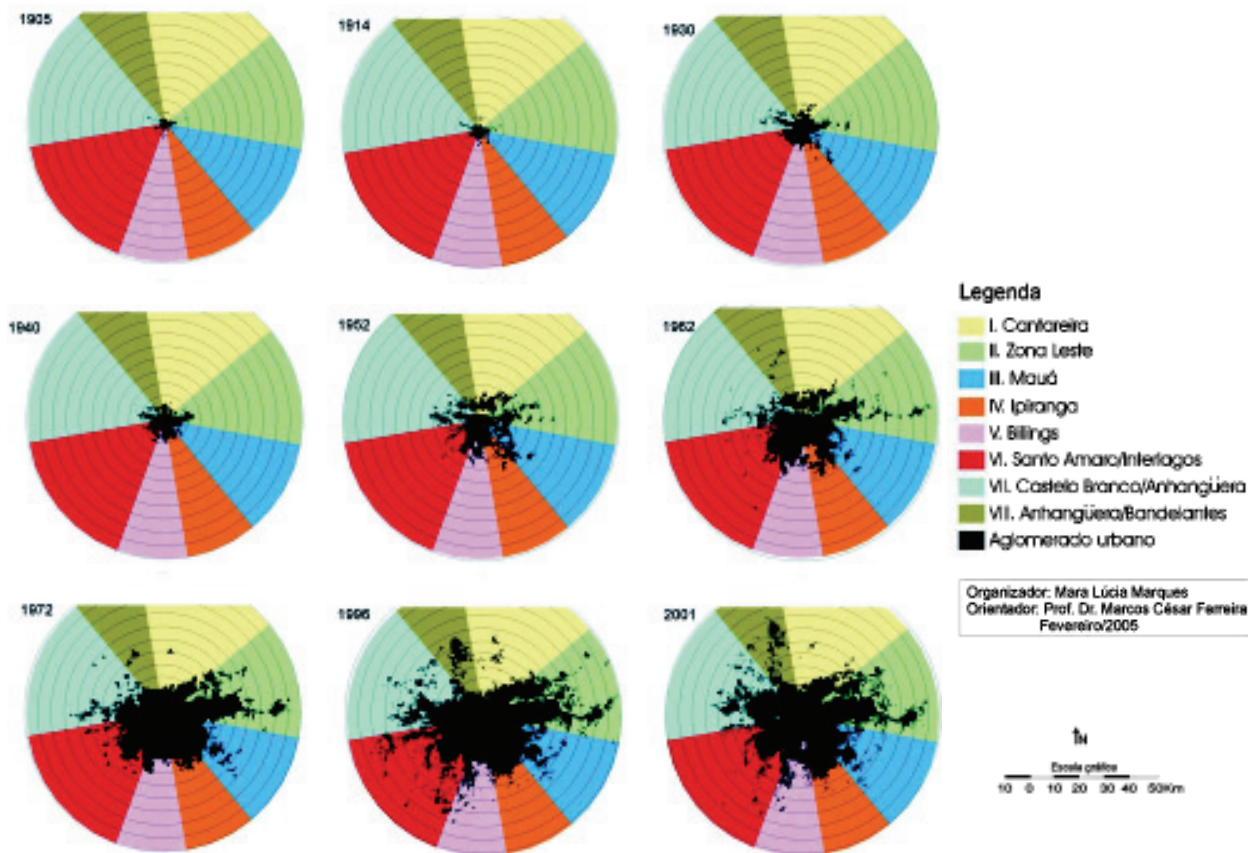
em que, “dev. pad.” equivale ao desvio padrão das médias da dimensão fractal no período analisado, para cada setor direcional, e  $\bar{X}$  equivale à média da dimensão fractal no período analisado, para cada setor direcional;

(d) Os valores de média e de coeficiente de variação dos setores direcionais foram classificados em grupos pelo método de distância euclidiana e regra de agregação por vizinhos próximos, gerando um dendograma de agrupamento dos setores; (e) Foi gerado um digrama relacionando os valores da média com seus respectivos coeficientes de variação; (f) O ponto da coordenada dos valores de média e coeficiente de variação, para todo o aglomerado, foi utilizado como referência à criação de áreas de variação da dimensão fractal e do coeficiente de variação dos setores direcionais analisados, para permitir uma representação mais coerente da regionalização da forma de ocupação no período analisado.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os setores que demonstraram maior expansão de área urbana no período analisado foram: Zona Leste (II) e Mauá (III). Os setores Cantareira (I) e Ipiranga (IV) evidenciaram menor crescimento em relação os demais setores, enquanto os setores Billings (V), Santo Amaro/Interlagos (VI) e Castelo Branco/Anhangüera (VII) apresentaram valores intermediários de crescimento urbano. Os valores de dimensão fractal ( $D_d$ ), estimados pela densidade de ocupação, em relação ao raio  $R$ , para os diferentes setores direcionais determinados para RMSP, no período 1905-2001, são apresentados nas Tabelas 2 a 9. A evolução espaço-temporal da expansão das áreas construídas em cada setor direcional está representada na Figura 2.

Figura 2: Evolução espaço-temporal da expansão das áreas construídas na RMSP, por setor direcional, entre 1905 e 2001  
Crédito: Autores



As principais características de crescimento e os fatores determinantes do processo de expansão de cada setor, no período analisado, são destacados para demonstrar os resultados obtidos da evolução espacial pela dimensão fractal do aglomerado da região metropolitana de São Paulo:

a) Setor Cantareira (I): O valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8296$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub> =8,4%, sugerem que o comportamento da dimensão fractal, ao longo das datas analisadas, não apresenta grandes variações em torno da média (Tabela 2). Dessa forma, indica uma ocupação pouco fragmentada ao longo do período. As restrições topográficas e ambientais e a dificuldade de transposição do rio Tietê, no início do período analisado, são fatores que contribuíram para restringir a expansão territorial e manter a uniformidade de adensamento da ocupação desse setor. A partir de 1930, as obras de retificação do rio Tietê permitiram, segundo Santos (1958), a intensificação de ocupação na margem direita do rio, distante apenas 4 km do centro urbano. Na década de 1970, mesmo com as obras de acesso a esse setor (SÃO PAULO, 1979), não foram observadas expansões significativas da área de ocupação em relação àquelas observadas nas décadas de 1950 e 1960, devido à proximidade das vertentes da serra da Cantareira. No entanto, propiciou grande intensificação do preenchimento do espaço no sentido sudoeste-nordeste, a partir de 1990, quando o setor apresentou uma taxa anual de crescimento de domicílios em torno de 39% (IBGE, 1991).

Tabela 2: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ) para o Setor Cantareira (I), no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Cantareira (I)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,815	1,934	1,836	1,850	1,812	1,790	1,806	1,828	1,886
Desv. Pad.	0,137	0,058	0,115	0,109	0,156	0,199	0,189	0,158	0,113

(b) Zona Leste (II): Foi estimado valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8980$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub> =4,7%, indicando uma forma homogênea de preenchimento do espaço. Essa tendência se fundamenta na ocorrência de uma ocupação industrial e pelo direcionamento de incentivo público, desde o início do período analisado. Outro fator que contribuiu para uma ocupação com valores de  $D_d$  (Tabela 3), representativos de uma baixa fragmentação da área construída, foi a ausência de restrições físicas e ambientais, que possibilitou a continuidade dos incentivos públicos nesse setor, destacando-se obras de ampliação da avenida Tatuapé, o melhoramento das estradas vicinais (estrada Itaquera-Carrão, estrada do Imperador, estrada São Miguel, estrada Guaianazes-Ferraz-Vasconcelos e estrada Itaquera-São Mateus), término da Marginal direita do rio Tietê (concluindo o acesso entre a ponte Aricanduva e a cidade de Guarulhos), a construção do complexo Aricanduva (facilitando o acesso da Marginal do Tietê à estrada de Itaquera) (SÃO PAULO, 1979). Isso resultou em taxa de crescimento anual de domicílios, de aproximadamente 64%, a partir da década de 1980 (IBGE, 1991).

Tabela 3: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ) para o Setor Zona Leste (II), no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Zona Leste (II)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,811	1,943	1,890	1,903	1,917	1,878	1,891	1,898	1,924
Desv. Pad.	0,124	0,044	0,073	0,060	0,054	0,111	0,096	0,096	0,072

(c) Mauá (III): Observou-se valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8482$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub> = 9,2%, a indicarem variação no comportamento da dimensão fractal em torno da média (Tabela 4), nas datas analisadas. Essas oscilações de  $D_d$  denotam heterogeneidade na ocupação do espaço, possivelmente devido à expansão territorial da área construída, com a incorporação à área metropolitana dos municípios de São Caetano do Sul e Santo André e, mais recentemente, a incorporação dos municípios de Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Porém, o adensamento dessa ocupação foi restringido pela concentração da industrialização nos raios centrais (entre 5 a 10 km) e pelos aspectos ambientais e irregularidade da topografia nos raios periféricos do aglomerado urbano (Figura 2). Isso pode ser evidenciado pela taxa de crescimento anual de domicílios, de aproximadamente 12%, no período 1980-1991 (IBGE, 1991).

Tabela 4: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ) para o Setor Mauá (III), no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Mauá (III)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,730	1,929	1,862	1,866	1,903	1,912	1,843	1,763	1,866
Desv. Pad	0,209	0,042	0,105	0,110	0,076	0,087	0,170	0,245	0,173

(d) Ipiranga (IV): Verificou-se o valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8519$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub> = 9,8%, indicativos de um preenchimento heterogêneo do espaço urbano. Essa variação no comportamento da dimensão fractal (Tabela 5) ocorreu pela concentração de indústrias nos raios centrais (5 a 10 km), no início do processo de ocupação e, posteriormente, a partir da década de 1950 concentrou-se na região do ABC (raios de 15 a 20 km). As áreas de proteção de mananciais e da represa Billings restringiram a expansão do aglomerado, impedindo o crescimento para distâncias superiores a 30 km do raio central do aglomerado, por serem áreas classificadas, de acordo com a Emplasa (1994), como inadequadas ou com severas restrições ao assentamento urbano. Um adensamento das áreas construídas na periferia do aglomerado desse setor, nas décadas de 1980 e 1990, foi consolidado com uma taxa de crescimento de domicílios, de aproximadamente 35% (IBGE, 1991).

Tabela 5: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ) para o Setor Ipiranga (IV), no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Ipiranga (IV)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,723	1,934	1,826	1,825	1,808	1,842	1,844	1,902	1,912
Desv. Pad.	0,201	0,084	0,122	0,125	0,227	0,239	0,239	0,121	0,101

(e) Billings (V): Com valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8588$  e *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub> = 7,7%, verifica-se que as oscilações de  $D_d$  (Tabela 6) estão atenuadas, em virtude da intensificação do processo de industrialização, ao longo dos eixos viários a partir de 1952, o qual incentivou a ocupação e a acessibilidade às áreas abrangidas pelos raios entre 15 a 20 km. Outros fatores que contribuíram para o adensamento da área construída foram: a construção da rodovia dos Imigrantes, considerada um eixo viário de atração industrial e melhoramento da acessibilidade; o término das obras da linha norte-sul do metrô, em 1979 (SÃO

PAULO, 1979); e a restrição imposta pelas áreas de proteção de mananciais (Lei n. 1.172/76), a qual, associada à área da represa Billings, impossibilitou a expansão da área construída desse setor na direção sudeste. Esses fatos impulsionaram o adensamento urbano, a partir de 1980, com taxa anual de crescimento de domicílios, de aproximadamente 35% (IBGE, 1991).

Tabela 6: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ) para o Setor Billings (V), no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Billings (V)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,827	1,904	1,830	1,839	1,905	1,927	1,809	1,846	1,870
Desv. Pad.	0,092	0,081	0,133	0,131	0,082	0,071	0,224	0,147	0,133

(f) Santo Amaro/Interlagos (VI): Foi estimado o valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8487$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub>=7,0%, os quais representam uma ocupação com pouca fragmentação das áreas construídas ao longo do período analisado (Tabela 7). O adensamento da ocupação, nesse setor, está associado, no início do período analisado, às restrições de transposição do rio Pinheiros. Após 1940, ocorreu a expansão territorial com a conclusão das obras de retificação do rio Pinheiros e o controle dos alagamentos nas áreas de várzeas. Assim, inicia-se a ocupação da margem esquerda por residências e indústrias, que se concentraram ao longo das rodovias Régis Bittencourt e Raposo Tavares. A ocupação não apresentou fragmentação das áreas construídas pela extensa área de proteção de mananciais e pela restrição topográfica (elevadas altitudes e fortes declividades das vertentes), nos raios periféricos desse setor (a partir de 20 km). Esse adensamento possibilitou um crescimento anual de domicílios, de aproximadamente 40%, nas décadas de 1980 e 1990 (IBGE, 1991).

Tabela 7: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ), Setor VI Santo Amaro/Interlagos, no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Santo Amaro/ Interlagos (VI)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,793	1,943	1,812	1,815	1,891	1,826	1,899	1,861	1,870
Dev. Pad.	0,120	0,069	0,152	0,153	0,070	0,154	0,152	0,111	0,104

(g) Castelo Branco/Anhangüera (VII): Os valores de  $Dd_{1905-2001}=1,8997$ , com *Coef. Variação*<sub>1905-2001</sub>=5,2%, evidenciam um adensamento da ocupação com preenchimento uniforme, no período analisado. A ausência de restrições ambientais, os incentivos públicos e a concentração industrial, principalmente ao longo dos eixos viários, possibilitaram essa forma não-fragmentada de expansão (Tabela 8). Nas décadas de 1970 e 1980, as legislações de controle de uso do solo na área metropolitana e de proteção de mananciais implantaram uma política urbana de preservação das represas Billings e Guarapiranga e do Sistema

Tabela 8: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ), Setor VII Castelo Branco/Anhangüera, no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

Setor Castelo Branco/Anhangüera (VII)									
Dimensão fractal temporal									
Ano	1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média	1,849	1,943	1,908	1,913	1,910	1,923	1,884	1,880	1,901
Desv. Pad.	0,093	0,037	0,047	0,045	0,053	0,059	0,122	0,130	0,131



Cantareira e estimularam a expansão na direção leste e oeste, com a conclusão da linha leste-oeste do metrô, da extensão da rede de transporte coletivo e das obras de construção e conservação de avenidas, facilitando o acesso das áreas centrais do aglomerado (Lapa, Perdizes, Pinheiros, Barra Funda) às áreas periféricas (Butantã, Osasco, Carapicuíba). Esse setor apresentou uma taxa de crescimento anual de domicílio, entre 1980 a 1991, de aproximadamente 40% (IBGE, 1991).

(h) Anhangüera/Bandeirantes (VIII): Foi estimado valor de  $Dd_{1905-2001}=1,8635$ , com  $Coef. Variação_{1905-2001}=7,4\%$ , a retratarem oscilações de  $D_d$ , representativas de uma fragmentação pouco intensa da ocupação por áreas construídas, no período analisado (Tabela 9). A instalação de indústrias e a ocupação residencial e comercial formaram os núcleos urbanos expandidos ao longo dos eixos viários Anhangüera/Bandeirantes (eixo viário de ligação entre a capital e as regiões de grande importância econômica do interior do estado). O preenchimento uniforme do espaço entre esses núcleos de ocupação foi limitado pelas leis de proteção ambiental e criação de parques e reservas estaduais (Jaraguá e Anhangüera). Esses fatores configuraram um adensamento intenso da ocupação nos raios centrais (5 a 10 km) e um adensamento pouco intenso da ocupação nos raios desse setor, situados após as áreas protegidas pelas leis ambientais, como as cidades de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras e Perus, as quais apresentam ocupação industrial e comercial e um crescimento anual de domicílios, de aproximadamente 14% (IBGE, 1991). Esse setor mostra uma tendência de ocupação industrial em raios de até 50 km do centro da cidade de São Paulo, observada nas décadas de 1980 e 1990, por ser uma área a qual associa acessibilidade e baixo custo do terreno, sem se afastar do pólo econômico que a RMSP representa.

Tabela 9: Valores de dimensão fractal ( $D_d$ ), Setor VIII Anhangüera/Bandeirantes, no período de 1905 a 2001  
Crédito: Autores

		Setor Anhangüera/Bandeirantes (VIII)								
		Dimensão fractal temporal								
Ano		1905	1914	1930	1940	1952	1962	1972	1996	2001
Média		1,827	1,911	1,836	1,872	1,840	1,844	1,849	1,887	1,892
Desv. Pad.		0,134	0,090	0,094	0,100	0,107	0,102	0,101	0,079	0,109

Na classificação efetuada pelas características fractais de crescimento para a discriminação do agrupamento dos setores, os valores do coeficiente de variação parecem exercer uma influência mais forte que os valores de densidade de ocupação. Observa-se, pelo dendograma (Figura 3), a formação estatística de três conjuntos, cujos coeficientes de variação dos setores estão distribuídos em torno – setores Cantareira (I), Billings (V) e Santo Amaro/Interlagos (VI); acima, setores Mauá (III) e Ipiranga (IV); e abaixo, setores Zona Leste (II), Castelo Branco/Anhangüera (VII), e Anhangüera/Bandeirantes (VIII) do coeficiente de variação de todo o aglomerado. O diagrama da relação entre o grau de preenchimento espacial e de sua variação ao longo do tempo é apresentado na Figura 4. Os quadrantes destacados na figura representam a variabilidade da forma de preenchimento durante a expansão, tendo por parâmetro de comparação o ponto médio de  $D_d$  e do Coeficiente de Variação de todo o aglomerado:

Figura 3: Dendograma de classificação por agrupamento, de acordo com as características fractais dos setores direcionais de crescimento  
Crédito: Autores

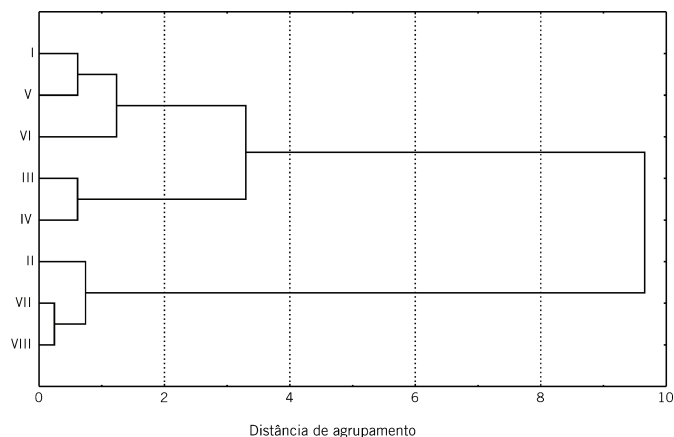
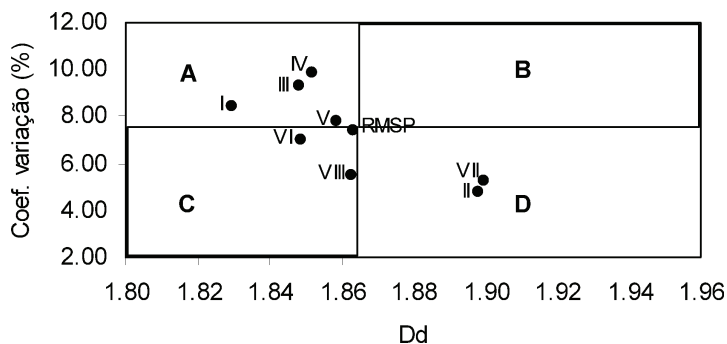


Figura 4: Diagrama com a distribuição dos pontos relativos aos setores direcionais de crescimento e os valores médios de  $D_d$  e do  $Coef. Variação$  do aglomerado urbano da região metropolitana (RMSP)  
Crédito: Autores



- A** Particulariza uma área urbana com ampla variabilidade do preenchimento, enfatizando uma forma fragmentada do espaço.
- B** Caracteriza uma área urbana, cuja ampla variabilidade do preenchimento não interfere na forma de adensamento do espaço.
- C** Particulariza uma área urbana uniformemente fragmentada na forma de preenchimento do espaço.
- D** Caracteriza uma área urbana uniformemente densa na forma de preenchimento do espaço.

Esses quadrantes identificam as características de preenchimento do espaço urbano ao longo do processo de expansão temporal de cada setor, no plano que relaciona a média dos valores de dimensão fractal (um indicativo da forma de ocupação mais ou menos fragmentada) ao seu respectivo coeficiente de variação (um indicativo da alternância ou uniformidade da forma de ocupação). Possibilita a comparação, quando pontos relativos a cada setor urbano são posicionados no plano em relação à média de dimensão fractal e do coeficiente de variação, estimados para todo o aglomerado metropolitano. A interpretação da distribuição dos pontos no diagrama permite um ajuste no agrupamento dos setores direcionais de crescimento, em relação à proposta elaborada a partir do dendograma, o que melhora a regionalização dos setores por enfatizar suas características de adensamento. Assim, os setores passam a ser discriminados pela variação dos valores médios de  $D_d$ , os quais indicam o preenchimento do espaço e favorecem uma interpretação mais coerente da realidade da ocupação do espaço urbano ao longo do período analisado, na



medida em que permite determinar a dimensão fractal que possibilita variação ou uniformidade do processo de ocupação. Os setores foram agregados em cinco grupos, isolando os setores Cantareira (I) e Anhangüera/Bandeirantes (VIII), mas mantendo agrupados os setores Zona Leste (II) e Castelo Branco/Anhangüera (VII), Mauá (III) e Ipiranga (IV), e também Billings (V) e Santo Amaro/Interlagos (VI).

O Setor Cantareira se mostrou distinto dos demais setores pela média inferior de dimensão fractal apresentada, a evidenciar uma tendência fragmentada de preenchimento do espaço no processo de crescimento. Essa característica fractal é revelada pelas restrições impostas pelo relevo e áreas de proteção de mananciais.

Ao comparar os setores quanto às suas respectivas médias de  $Dd_{1905-2001}$  e de desvios-padrões com os valores estimados para o aglomerado, pode-se agrupar os setores Mauá, Ipiranga, Billings, Santo Amaro/Interlagos e Anhangüera/Bandeirantes por apresentarem, em comum, restrições à ocupação uniforme nos raios periféricos (a partir de 20 km), devido às leis ambientais (protegendo áreas de mananciais e criando parques, reservas e reservatórios de abastecimento de água), apesar da facilidade de acesso às áreas periféricas por eixos rodoviários e ferroviários e pela rede de transporte coletivo.

Contudo, esse grupo de setores apresenta ocupação diferenciada ao longo das datas analisadas, permitindo a composição de subgrupos distintos: 1. formado pelos setores Mauá e Ipiranga, que evidenciam oscilações nos valores de dimensão fractal ao longo do período analisado, gerando um coeficiente de variação mais elevado e refletindo uma heterogeneidade do preenchimento do espaço urbano; 2. formado pelos setores Billings e Santo Amaro/Interlagos, que apresentam valores de dimensão fractal representativos de uma ocupação uniformemente fragmentada, na forma de preenchimento do espaço. Isso reflete um preenchimento dos espaços de forma menos diferenciada ao longo do processo de crescimento urbano, seja pela capacidade de expandir-se aproveitando os eixos rodo-ferroviários, seja pela menor abrangência das áreas de proteção ambiental; 3. formado pelos setores Anhangüera/Bandeirantes, Zona Leste e Castelo Branco/Anhangüera, os quais apresentaram menor variação na forma de ocupação do espaço urbano, ao longo do período analisado. Esse preenchimento mais uniforme é uma característica atribuída a esses setores pela capacidade de aproveitar a intensa rede viária na promoção de uma ocupação menos fragmentada ao longo do tempo.

Nos setores Zona Leste e Castelo Branco/Anhangüera, os valores de dimensão fractal indicam uma forma de preenchimento com o mais elevado valor de adensamento de ocupação do espaço, em relação aos demais setores e à média do aglomerado metropolitano. Esse elevado adensamento, observado ao longo do processo de crescimento, é constatado pelos baixos valores do coeficiente de variação. Dentre os fatores influentes dessa tendência de ocupação, destacam-se os incentivos públicos à habitação (conjuntos habitacionais, autoconstrução e saneamento básico), ao desenvolvimento da rede de transporte (rodovias, ferrovias, transporte urbano coletivo ferroviário e rodoviário), à instalação de indústrias, bem como à ausência de restrições ambientais.

## 6 – CONCLUSÕES

O uso de procedimentos baseados na setorização direcional do aglomerado evidenciou características da dimensão fractal distintas para cada região do aglomerado urbano durante o processo de expansão. O aglomerado urbano foi dividido em oito setores direcionais de crescimento, de acordo com a similaridade na amplitude de frequência acumulada de área construída. Dessa forma, foram propostos os setores Cantareira (norte), Zona Leste (leste), Mauá (sudeste), Ipiranga (sudeste), Billings (sul), Santo Amaro/Interlagos (sudeste), Castelo Branco/Anhangüera (oeste) e Anhangüera/Bandeirantes (noroeste).

Os fatores que influenciaram o comportamento fractal e sua variação no processo de ocupação, ao longo do período analisado, foram a topografia, a hidrografia, as restrições ambientais, os investimentos públicos em infra-estrutura urbana, a concentração industrial e comercial. A topografia e as variações de relevo – como as áreas com altas altitudes e acentuada declividade e as áreas de várzea – constituíram-se em restrições à ocupação, estimulando o preenchimento fragmentado. As restrições ambientais (área de proteção de mananciais e ambiental, parques estaduais, parque ecológico, áreas de tombamento e reservas florestais) também foram fatores que contribuíram na fragmentação da ocupação do espaço. Os incentivos públicos à infra-estrutura, como saneamento básico, programas de habitação, vias de transporte e transporte coletivo foram fatores os quais viabilizaram um adensamento do preenchimento do espaço. A atração que esses fatores exerceram na instalação e concentração de áreas industriais e comerciais também influenciou a forma densa de ocupação por áreas construídas.

A análise espacial urbana pela geometria fractal possibilita estudar questões relacionadas ao preenchimento dos espaços vazios, à dinâmica interna do aglomerado e, assim, quantificar, em termos cartográficos, o crescimento das cidades. Esta análise possibilita a formulação de teorias urbanas mais apropriadas às realidades e associação aos fatores econômicos, políticos, sociais, físicos e ambientais, os quais influenciaram o processo de ocupação do espaço, contribuindo para o planejamento urbano e elaboração de plano diretor das cidades.

## BIBLIOGRAFIA

- BATTY, M; LONGLEY, P. *Fractal cities*. São Diego: Academic Press Inc., 1994.
- \_\_\_\_.; FOTHERINGHAM, A. S. Urban growth and form: Scaling, fractal geometry, and diffusion-limited aggregation. *Environment and Planning*, v. 21, p. 1.447-1.472, 1989.
- CARLOS, A. F. A. *A (re)produção do espaço urbano*. São Paulo: Edusp, 1994.
- CARTER, H. *El estudio de la geografía urbana*. 2 ed. Madri: Faresco, 1987.
- CASTELLS, M. *La question urbana*. Cidade do México: Siglo Veintruno, 1976.
- DE COLA, L.; LAM, N. S. *Fractals in geography*. Nova Jersey: Prentice Hall, 1993.
- EASTMAN, J. R. *IDRISI32*. Worcester, Massachusetts: Clark University, 1999. Licença nº1456 (Pós-graduação em Geografia).
- EMPLASA (Estado). Secretaria de Negócios Metropolitanos. *Plano metropolitano da Grande São Paulo 1994/2010*. São Paulo: Emplasa, 1994.

- FRANKHAUSER, P. *La fractalité des structures urbaines*. Paris: Anthropos, 1994.
- GARNER, B. J. Modelo de geografia urbana e localização de povoações. In: CHORLEY, R. J. *Modelos integrados em geografia*. Rio de Janeiro: USP, 1975.
- GOODCHILD, M. Fractals and the accuracy of geographical measures. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, Nova York: Plenum Publishing Corporation, v. 12, n. 2, p. 85-98, 1980.
- GOODCHILD, M. F.; MARK, D. M. The fractal nature of geographic phenomeno. *Annals of the Association of American Geographers*. Washington: Association of American Geographers, v. 77, n. 2, p. 265-278, 1987.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- KIVELL, P. *Land and the city: Patterns and processes of urban change*. Londres/Nova York: Routledge, 1993.
- KLINKENBERG, B.; GOODCHILD, M. F. The fractal proprieties of topography: A comparison of methods. *Earth surface processes and landforms*. Nova York: John Wiley & Sons, v. 17, p. 217-234, 1992.
- LONGLEY, P.; MESEV, V. On the measurement and generalization of urban form. *Center for Advanced Spatial Analysis*. Londres: Copyright CASA, UCL, 2000. Working Paper Series.
- SANTOS, M. *A urbanização brasileira*. São Paulo: HUCITEC, 1983.
- SÃO PAULO (Cidade). *A cidade, o habitante e a administração: 1975-1979*. São Paulo: Brasiliense, 1979.
- TORRENS, P. M. Can geocomputation save urban simulation throw some agents into the mixture, simmer, and wait... *Center for Advanced Spatial Analysis*. Londres, paper 32, 2001. Working Paper Series.
- UNWIN, D. Fractals and the geosciences: Introduction. *Computers & Geosciences*. Oxford: Pergamon Press, v. 15, n. 2, p. 163-165, 1989.
- VILLAÇA, F. *A estrutura territorial da metrópole sul brasileira*. São Paulo: USP-FFLCH (Departamento de Geografia), 1978.
- XU, T.; MOORE, I. D.; GALLANT, J. C. Fractals, fractal dimensions and landscapes – A review. *Geomorphology*. Amsterdã: Elsevier Science Publishers B. V., v. 8, p. 245-262, 1993.

### Obs.:

O texto foi elaborado a partir da tese de doutorado, de Mara Lúcia Marques, intitulada: *Metodologias para a estimativa da dimensão fractal do crescimento de aglomerados urbanos: Uma contribuição ao estudo da expansão urbana da região metropolitana de São Paulo entre 1905 e 2001* – IGCE/UNESP, Rio Claro (SP).

---

### Mara Lúcia Marques

Licenciada, bacharel, mestre e doutora em Geografia pela IGCE/UNESP, Rio Claro (SP).  
Rua 20 RF, 51. Residencial Florença  
13506-289 – Rio Claro - SP  
e-mails: macferre@ige.unicamp.br, dmpf@terra.com.br

criação da.

re. S. João em ep... em d. f... a barra daquella banda, por onde se podem...  
em forma de bu... & braço & meca de de palmos por braço. Tem f...  
muj pontas de...

Y V A I D M W C

... ar 50

... realin

... las sei

... a de poz

... cento

... libras & meca a

... final de rocha viva

... e faz a prova.:

Iná Rosa  
Orientador:  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Zahn

V

AZIOS URBANOS COMO VAZIOS  
DE PRESERVAÇÃO: FRANCO DA  
ROCHA NAS TERRAS DE  
JUQUERY

I 20

pós-

## RESUMO

Os vazios urbanos se destacam como elementos morfológicos estruturais das cidades, apresentando-se como essenciais para entendê-las em sua gênese e em suas transformações. Os vazios, como parte da morfologia urbana, são áreas passíveis de intervenção, que podem desempenhar importante papel nas mudanças da organização, desenho e qualificação da cidade, em suas diferentes escalas. Este estudo investiga aspectos da morfologia urbana da cidade de Franco da Rocha com enfoque em seus vazios urbanos, principalmente naqueles que apresentam potencialidades voltadas à preservação do meio ambiente: vazios de preservação.

## PALAVRAS-CHAVE

Vazios urbanos, vazios de preservação, morfologia urbana, desenho urbano, paisagem urbana.