

XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



## LACUNARIDADE INTRA-URBANA: ANÁLISE DOS ESPAÇOS LIVRES NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB

MAURO, Normando M. Barros Filho (1); JOÃO, Batista Mendes da Silva Júnior (2); JADE, Felizola de Brito (3)

- (1) Universidade Federal de Campina Grande; Professor Doutor do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo;  
Campina Grande - Paraíba; mbarrosfilho@gmail.com
- (2) Universidade Federal de Campina Grande; Graduando em Arquitetura e Urbanismo; Campina Grande - Paraíba;  
joabatistamsj@gmail.com
- (3) Universidade Federal de Campina Grande; Graduanda em Arquitetura e Urbanismo; Campina Grande - Paraíba;  
jadefelizola@gmail.com

### RESUMO

O presente trabalho se propõe a avaliar a lacunaridade intra-urbana no distrito-sede do Município de Campina Grande, Paraíba a partir da análise da distribuição dos espaços livres neste território. A lacunaridade é uma medida que permite a compreensão de diferentes padrões espaciais, considerando a densidade, o empacotamento, a dispersão e a permeabilidade de uma estrutura geométrica em diferentes escalas (BARROS FILHO, 2006). Neste artigo, essa medida é utilizada para a análise dos espaços livres urbanos. Inicialmente, os valores de lacunaridade foram obtidos a partir do processamento de imagens binárias georreferenciadas de fragmentos do perímetro urbano e posteriormente interpolados por Krigagem Ordinária, gerando um modelo de superfície classificado em cinco níveis de lacunaridade. Os resultados descrevem a distribuição dos espaços livres em Campina Grande e revelam uma cidade cuja região central apresenta baixo valor de lacunaridade, enquanto suas áreas periurbanas apresentam valores mais elevados, indicando também uma tendência de adensamento mais elevado à Sudoeste. Esses métodos de estudo são importantes e eficientes mecanismos para planejamento e gestão urbanos, principalmente pelo fato de que as análises de padrões de textura através de imagens permitem melhor compreender a morfologia das cidades e acompanhar, de forma mais eficiente, seu rápido crescimento urbano.

**Palavras-chave:** Lacunaridade; Espaços Livres; Morfologia Intra-urbana.

### ***INTRA-URBAN LACUNARITY: ANALYSIS OF THE OPEN SPACES IN THE CITY OF CAMPINA GRANDE-PB***



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



## ABSTRACT

*This study aims to assess the intra-urban lacunarity in the main district of Campina Grande - Paraíba - Brazil from the analysis of the open spaces distribution in this territory. The lacunarity is a measure that allows understanding of different spatial patterns, considering the density, packaging, dispersion and permeability of a geometric structure at different scales (BARROS FILHO, 2006). In this paper this measure is used for the analysis of urban open spaces. Initially, the lacunarity values were obtained from the digital processing of georeferenced binary images of the urban area fragments, then interpolated by ordinary kriging, generating a surface model rated in five levels of lacunarity. The results describe the distribution of open spaces in Campina Grande and reveal a city whose central region has low lacunarity value while their peri-urban areas have higher values, also indicating a trend of higher densification in the southwest. These methods of study are important and efficient mechanisms for planning and urban management, especially due to the fact that the analysis of texture patterns through images allows to understanding the morphology of cities and to following their rapid urban growth more efficiently.*

**Keywords:** Lacunarity; Open spaces; Intra-urban Morphology.

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra “lacunaridade” provém do latim, e remete a “vazio” ou “buraco”. Este conceito, relacionado com a distribuição de espaços vazios em um padrão espacial, foi inicialmente introduzido por Mandelbrot (1982) na descrição e quantificação dos desvios de objetos fractais<sup>1</sup> de sua invariância translacional e, posteriormente, estendido para o estudo de objetos multifractais e outros objetos não-fractais (PLOTNICK *et al*, 1996), permitindo então, analisar características como densidade, empacotamento, dispersão e permeabilidade de uma estrutura geométrica em diferentes escalas. Inicialmente, a lacunaridade foi aplicada às ciências exatas, como a Matemática e a Física, e posteriormente passou a ser difundida também por outras ciências, como a Ecologia, a Biologia e a Medicina (SMITH; LANGE, 1998). Mais recentemente, a lacunaridade tem sido aplicada em estudos e análises urbanas para distinguir padrões espaciais em diferentes áreas, desde análises mais

<sup>1</sup> Segundo Mandelbrot (1982, *apud* BARROS FILHO, 2006) fractais são objetos ou padrões espaciais com formas geométricas irregulares, que se repetem em uma grande variedade de escalas.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



focalizadas em processos sociais, como na segregação socioeconômica e racial (WU; SUI, 2002) e na favelização (BARROS FILHO, 2006), até processos mais físicos, como o monitoramento e a análise do crescimento de cidades (SUI; ZENG, 2000).

Considerando-se o contexto acima descrito, a lacunaridade urbana pode ser compreendida como a distribuição dos espaços livres nas cidades em diferentes escalas, e a presente pesquisa pretende aplicar tal conceito para análise dos espaços livres do município de Campina Grande - Paraíba. O estudo da lacunaridade urbana possibilita, através da compreensão do padrão de concentração ou dispersão dos espaços livres na cidade, avaliar os vetores e limites de crescimento urbano, elaborar críticas acerca da acessibilidade a esses espaços, assim como auxiliar na tomada de decisões espaciais estratégicas para a implantação de equipamentos, infraestrutura e serviços urbanos. Esses métodos de estudo são importantes e eficientes mecanismos para gestão e planejamento urbanos, principalmente pelo fato de que análises de padrões de textura em imagens permitem compreender a forma e o crescimento das cidades.

Segundo Tardin (2008), os espaços livres representam o componente mais flexível (funcional ou espacialmente) da estrutura do território, com grandes probabilidades de transformação no processo de construção da paisagem, tornando-se, ao mesmo tempo, lugar mais frágil à ocupação e dos mais promissores devido à possibilidade de reestruturação do território. Logo, é evidente que a produção da cidade é diretamente dependente dos agentes modificadores do espaço: Estado, proprietários fundiários, proprietários dos meios de produção, promotores imobiliários e grupos sociais excluídos (CORRÊA, 1995), cujas decisões de apropriação urbana irão determinar uma ocupação mais dispersa ou concentrada, planejada ou espontânea, dentre tantas outras formas de uso e ocupação do solo resultante da grande complexidade que o ambiente urbano possibilita. Caso seja dispersa, tal ocupação favorece a expansão da mancha urbana, o que implica em maiores investimentos em infraestrutura e maior consumo de energia, aumentando também o tempo e os custos de deslocamento no espaço intra-urbano. Já quando se configura de forma concentrada, gera um adensamento construtivo, e caso esse não seja bem planejado, pode resultar em problemas de conforto ambiental (térmico e acústico), de privacidade e de sobrecarga da infraestrutura urbana.

O trabalho está dentro da linha de pesquisa “Estudos Interdisciplinares sobre a Produção da Cidade”, que vem sendo desenvolvida pelo “Grupo de Pesquisa sobre a Produção da Habitação e da Cidade (GPHEC) do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), cadastrado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Científico e Tecnológico). O projeto está também integrado à rede Quadro de Paisagismo no Brasil – Sistemas de Espaços Livres (QUAPÁ – SEL), objetivando analisar em diferentes escalas espaciais a distribuição dos espaços livres neste território e auxiliar os planejadores urbanos e gestores públicos no entendimento dos impactos decorrentes do processo de crescimento urbano, na definição de diretrizes para melhoramento do Plano Diretor Municipal, na compreensão dos vetores e limites de seu crescimento urbano, assim como também na formulação de legislações de uso e ocupação do solo urbano para o município. O trabalho organiza-se, inicialmente, através de uma caracterização da cidade de Campina Grande. Em seguida, é descrita a metodologia desenvolvida para a geração de um modelo contínuo de lacunaridade intra-urbana a partir de interpolação por Krigagem Ordinária. O trabalho é concluído com a análise e discussão dos resultados obtidos.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área objeto de estudo situa-se no Planalto da Borborema, agreste do Estado da Paraíba – Brasil, a uma altura de cerca de 550 metros acima do nível do mar e no ponto de latitude 7°13'11" sul e de longitude 35°52'31" oeste (figura 01). De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, Campina Grande é a segunda cidade mais populosa do estado, com 385.213 habitantes.

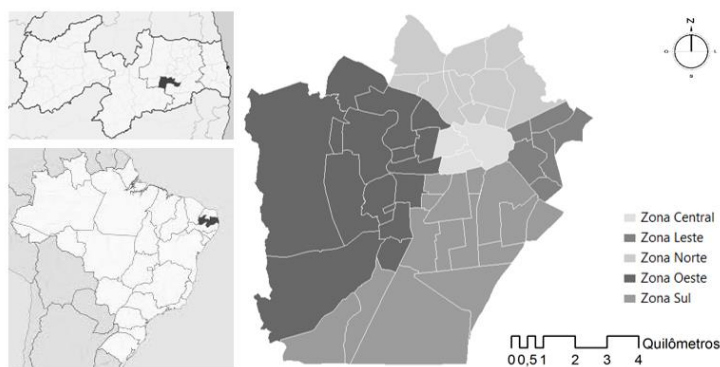


Figura 01: Localização da cidade de Campina Grande. Elaborado pelos autores. 2016.

A cidade de Campina Grande teve sua ocupação induzida a partir de um sítio cortado por dois riachos: o das Piabas e o de Bodocongó. Mesmo que escassa, a presença de água, associada ao



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



cruzamento das estradas que ligavam o litoral ao sertão, fez da região ponto de passagem e parada de tropeiros (BARROS FILHO *et al*, 2012), condições que, associadas a outros fatores como feiras e viagens, foram induzindo a sedimentação populacional na área. A região, contudo, só foi elevada à categoria de cidade em 1864 e em pouco tempo tornou-se uma das mais importantes praças algodoeiras do país. O desenvolvimento econômico acabou por conduzir a um maior adensamento humano e a cidade passou a abrigar, no ano de 1939, cerca de 130.000 habitantes em seus largos, becos e vielas de ocupação urbana nos modelos coloniais.

O crescimento rápido e desordenado conduziu a uma ampla reforma urbana durante os anos 1930 a 1940. Pautadas no lema *higiene, circulação e embelezamento*, perpassadas pelos pensamentos do nascente urbanismo moderno, as reformas implementadas a partir de então foram responsáveis pela abertura, alinhamento, alargamento e pavimentação de vias, separação de funções e classes sociais, construção de praças, arborização de espaços públicos, definição de padrões técnicos e estéticos para as construções, instalação de sistemas mecanizados de abastecimento de água e coleta dos esgotos (BARROS FILHO *et al*, 2012). A cidade então seguiu seu crescimento, ora planejado ora espontâneo, de forma radiocêntrica e compacta, o que acabou por gerar certos problemas de infraestrutura e de espaços livres que podem ser observados na leitura morfológica do seu território.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida através de uma metodologia composta por duas partes: (i) cálculo da lacunaridade intra-urbana da cidade de Campina Grande; e (ii) preparação dos resultados através de interpolação por Krigagem Ordinária. As etapas acima descritas serão abaixo explanadas.

#### 3.1 Cálculo da lacunaridade intra-urbana da cidade de Campina Grande

A etapa de cálculo da lacunaridade intraurbana da cidade desenvolveu-se a partir da construção de uma base de dados sob os princípios do método de mapeamento de Noll<sup>2</sup>, utilizando dados vetoriais

<sup>2</sup> Método desenvolvido pelo arquiteto e agrimensor italiano Giambattista Nolli que consiste na representação da projeção dos edifícios em plano através de uma relação figura-fundo expressa nas cores preto e branco, construído e não-construído, respectivamente. Esse método de estudo é muito importante para análises morfológicas em ambientes urbanos, onde pode-se identificar questões acerca de domínios públicos e semipúblicos, acessibilidade e configuração formal das vias e demais ocupações urbanas, dimensões dos edifícios e, para a pesquisa em andamento, o estudo dos vazios urbanos.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



georreferenciados em formato *shapefile* fornecidos pela Prefeitura Municipal de Campina Grande, representativos das edificações em ambiente urbano e já editadas por Tayron Souza (2015), associados à *ortofoto* de Campina Grande produzida no ano de 2008, colorida em 3 bandas, com resolução espacial de 15 cm e resolução radiométrica de 8 bits.

Tomando as bases preexistentes, foram realizadas atualizações de maneira a refletir de forma mais fidedigna a espacialização dos ambientes construídos da cidade, uma vez que a base vetorial apresentava incoerências. Foram então reduzidos erros e inseridas edificações construídas posteriormente à finalização da versão utilizada. O mapa desenvolvido nessa etapa faz uso de vetores para a representação dos seus elementos, editados e inseridos através do *software* ArcGIS 10.2, onde as áreas construídas (edifícios) foram representadas em preto e os espaços livres (vazios) em branco, sendo apenas os últimos utilizados para o cálculo de lacunaridade.

Posteriormente à etapa de construção da base de dados, foi inserida, através do *software* AutoCAD, uma malha com células quadradas de 1 Km x 1 Km a partir do centro geométrico da forma configurada pelo centro urbano de Campina Grande e sobre os polígonos representativos dos ambientes construídos da cidade (figura 02). Segundo Angel *et al* (2011), a dimensão de 1 km<sup>2</sup> representa a “distância de caminhada” em torno de uma edificação urbana e por tal, explicativa da adoção dessa dimensão como unidade básica

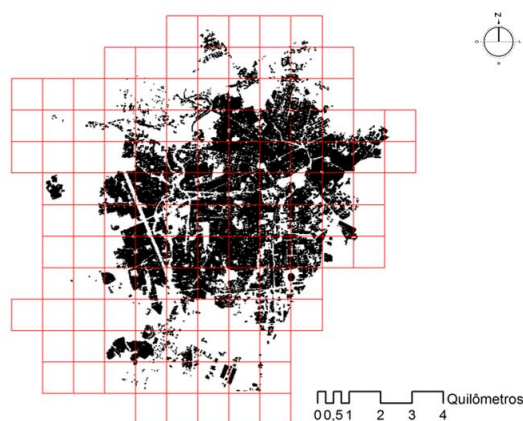


Figura 02: Mapa de Nollis atualizado com malha sobreposta. Elaborado pelos autores. 2016.

A inserção da malha permitiu a segmentação da imagem em 123 células quadradas, posteriormente convertidos em matrizes de mesma dimensão para o processamento digital e cálculo de suas



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



lacunaridades, garantindo assim maior precisão e resultados mais detalhados, em consonância com as diferentes configurações presentes no interior de seu território urbano.

O cálculo dos valores de lacunaridade foi baseado na análise da imagem binária (branco e preto) da área contida em cada uma das 123 células quadradas, acima descritas, convertidas para o formato *tiff* (figura 02). Tendo as bases matriciais geradas, definiu-se o método das caixas deslizantes, proposto por Allain e Cloitre (1991), para o cálculo da lacunaridade das amostras em estudo. O método utilizado faz uso de caixas móveis e de dimensões variáveis para obtenção da média de valores de lacunaridade. As caixas variam entre 1 x 1 pixel, definida como o menor tamanho, e 45% da dimensão linear da imagem, sendo esta a maior caixa. A pesquisa considerou 10 tamanhos diferentes de caixas contidos nesse intervalo, com movimentação a cada pixel, e utilizou como valor final a média dos valores de lacunaridade obtidos nos 10 tamanhos de caixa para cada uma das células quadradas. O cálculo foi feito utilizando o *software* de processamento de imagens Image J, a partir de seu *plugin* FraCLac<sup>3</sup>, que analisa padrões em imagens digitais. Segundo Barros Filho (2006), o índice de lacunaridade  $L$  de um caixa com tamanho  $r$  pode ser obtido a partir da seguinte fórmula:

$$L(r) = 1 + (\text{Var}(S)/E^2(S))$$

Onde:

L: lacunaridade

r: tamanho da caixa

Var(S): variância da massa das caixas

E<sup>2</sup>(S): média das massas das caixas

Com as médias dos valores de lacunaridade das 123 células quadradas calculadas, criou-se uma nova coluna em sua tabela de atributos para inserção de tais valores a partir da sua conversão em *shapefile* (figura 03), gerando um mapa vetorial de células associadas aos valores médios de lacunaridade intra-urbana.

**Comment [MB1]:** Não entendi porque esta imagem ficou aqui. É melhor coloca-la mais abaixo, junto com os seus respectivos valores de lacunaridade.

<sup>3</sup> *Software* utilizado em associação ao Image J que possibilita um conjunto de análises fractais e morfológicas, desenvolvido pela Charles Sturt University, Austrália.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Célula 02	
Tamanho de Caixa	Lacunaridade
1	14,5782
2	4,1726
3	2,8786
4	2,3273
5	2,0155
6	1,8084
7	1,6755
8	1,5884
9	1,5179
10	1,3812

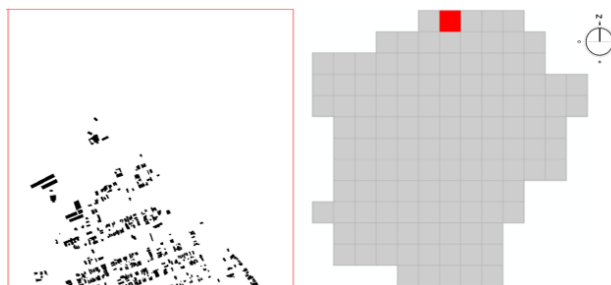


Figura 03: Exemplo dos procedimentos realizados para a célula número 02. Elaborado pelos autores. 2016.

### 3.2 Preparação dos resultados através de interpolação por Krigagem Ordinária

A Krigagem Ordinária é um método baseado na Teoria das Variáveis Regionalizadas, sendo conhecida como o melhor estimador linear não tendencioso (BARROS FILHO, 2009). Esse método permite estimar variáveis não conhecidas espacialmente a partir de valores previamente calculados e estabelecidos. Por ser um estimador linear, a Krigagem Ordinária tem por base os valores circunvizinhos na estimativa dos valores intermediários e assume que a média global dos erros, ou seja, a média das diferenças entre os valores estimados e os valores observados seja nula (SOARES, 2000 *apud* BARROS FILHO, 2009).

A partir dessa técnica de Krigagem Ordinária buscou-se interpolar os valores de lacunaridade intra-urbana da cidade de Campina Grande, objetivando a construção de um modelo gradual dos índices de lacunaridade aí presentes. A média desses valores foi então previamente associada à malha de células quadradas previamente elaborada, e inserida nos centróides desses respectivos polígonos. Posteriormente foram gerados semivariogramas experimentais (figura 04) nas direções 0° (Leste-Oeste), 45° (Nordeste-Sudoeste), 90° (Norte-Sul) e 135° (Noroeste-Sudeste), no sentido horário, a partir dos quais pôde-se verificar que existe uma clara dependência entre os dados: com exceção do semivariograma à 0°, é possível notar que à medida que a separação entre os pares de amostras (passo) aumenta, a variância também tende a aumentar. Considerando-se o gráfico, a dependência espacial é maior à 135°, uma vez que ela é continuamente crescente e de variância mais elevada, sendo essa direção adotada para o procedimento de interpolação.

Nota-se também que em determinado ponto os semivariogramas atingem um patamar, indicando que a variância passa a ser praticamente constante com a distância.





XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA

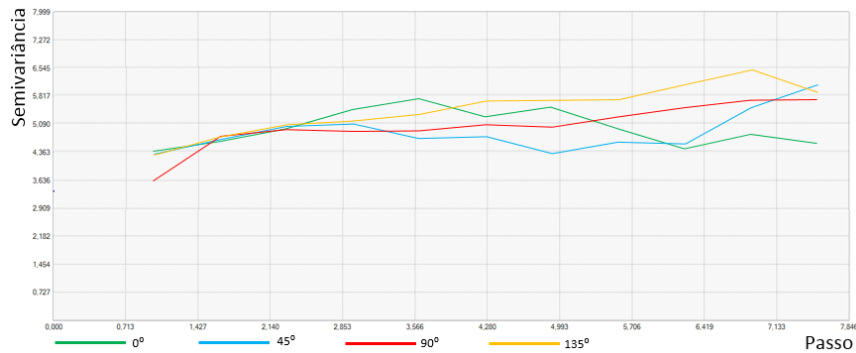


Figura 04: Semivariogramas experimentais em quatro direções. Elaborado pelos autores. 2016.

Após a interpolação à 135° foi gerada uma matriz de dimensões 14.200 m x 14.200 m classificada do preto ao branco, baixa lacunaridade e alta lacunaridade, respectivamente, e então sobreposta por uma classificação por quebras naturais em cinco classes, a saber: Muito Baixa (MB), Baixa (B), Média (M), Alta (A) e Muito Alta (MA) lacunaridades.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do desenvolvimento dos procedimentos acima mencionados, foi possível gerar, inicialmente, o mapa vetorial abaixo (lado esquerdo da figura 05) que representa as variações dos valores de lacunaridade média em cada uma das 123 células quadradas do distrito-sede de Campina Grande. Em seguida, com a interpolação desses mesmos valores, foi gerado o mapa matricial de superfície representado à direita da figura 05. Verifica-se que a superfície gradua e suaviza os valores do mapa vetorial, e por tal, generaliza a análise, revelando as tendências e induções. Esse tipo de representação permite que haja uma leitura mais generalizada da forma urbana, na qual é percebida o padrão de agrupamento, considerando as diferenças e similaridades entre os valores de lacunaridade presentes na cidade de Campina Grande como um todo.

**Comment [C2]:** Substituir essas curvas do semivariograma pelas curvas geradas no modelo esférico para que o comportamento fique mais explícito

**Comment [JJ3]:** NÃO COMPREENDO O QUE SÃO "CURVAS GERADAS NO MODELO ESFÉRICO", MAS ENVIO A SHAPE JUNTO COM O EMAIL PARA QUE O SENHOR POSSA TESTAR E SE POSSÍVEL ALTERAR, POIS EU NÃO SEI O QUE É ISSO.

**Comment [MB4]:** Qual foi método de classificação utilizado?

**Comment [JJ5]:** "classificação por quebras naturais"



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA

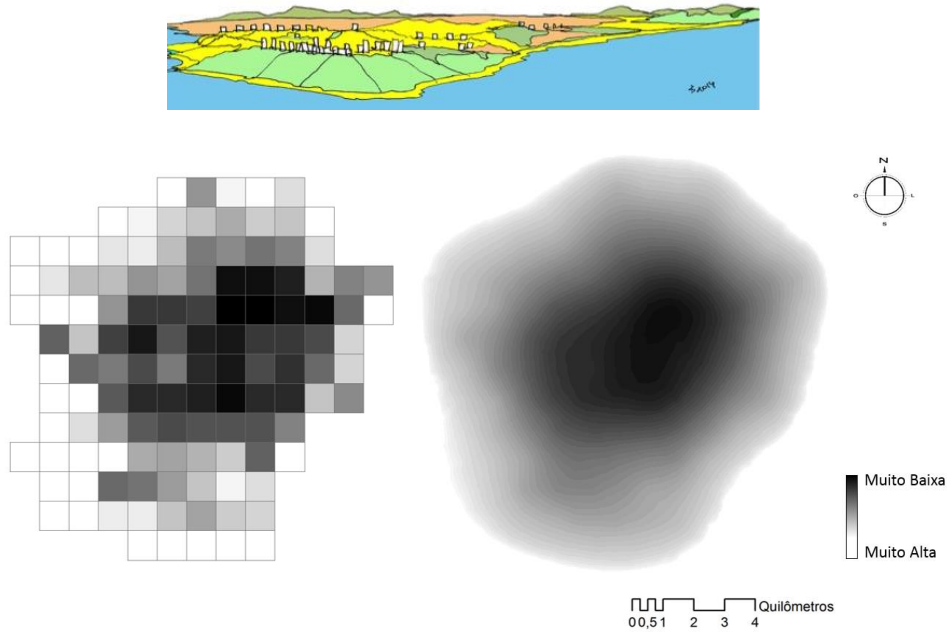


Figura 05: Níveis de lacunaridade da cidade de Campina Grande. Elaborado pelos autores. 2016.

**Comment [C6]:** Remover o segundo mapa colorido e substituí-lo pelo mapa de superfície da figura 6 em tons de cinza

Os resultados obtidos com a classificação do mapa matricial de superfície em cinco níveis de lacunaridade estão apresentados na figura 06. Esta superfície foi sobreposta ao Mapa de Noll e aos limites dos bairros da cidade para permitir uma melhor compreensão do padrão espacial resultante.

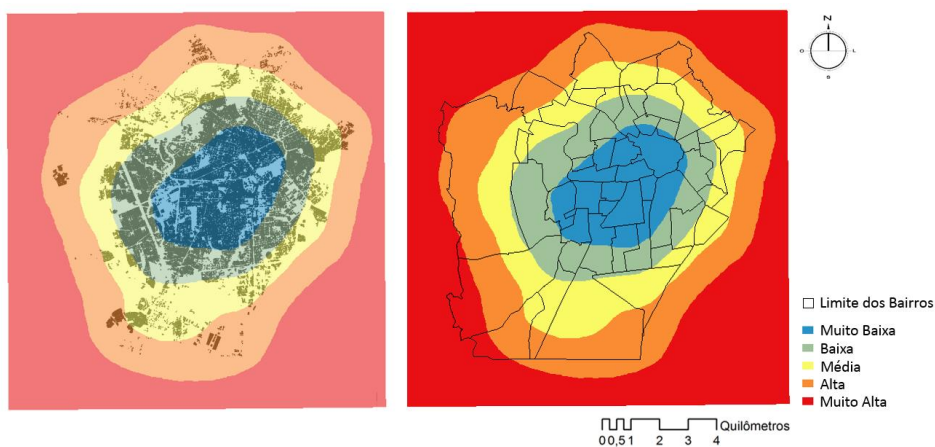


Figura 06: Mapa com interpolação, sobreposto ao mapa de Noll e aos limites dos bairros. Elaborado pelos autores. 2016.

**Comment [C7]:**

**Comment [C8]:** Colocar, ao lado e antes deste mapa, o mapa de Noll da figura 02 com a sobreposição da manchas coloridas em certo grau de transparência que permite visualizar o mapa de Noll no fundo. isto ajudará a entender melhor a relação entre a lacunaridade e as áreas construídas

**Comment [JJ9]:** FEITO



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Fica evidente que a classificação reproduz o modelo centro-periferia, no qual bairros mais próximos ao centro e circunvizinhos apresentam valores de lacunaridade mais baixos, enquanto as bordas do perímetro urbano apresentam valores mais elevados. A mancha azul mais alongada no sentido Nordeste-Sudoeste sobre o centro da cidade de Campina Grande (figura 06) demonstra uma tendência de adensamento à 135 graus, representada pelo crescente número de bairros planejados e novos assentamentos que passaram a se desenvolver nessa direção nos últimos anos.

O padrão de lacunaridade Muito Baixa coincide com o centro da cidade e suas adjacências, configurando um padrão de ocupação que se revela mais adensado tanto em virtude de ser a zona mais antiga ocupada quanto pelo constante adensamento induzido pela maior oferta de serviços, infraestrutura e atrativos ao assentamento. A região é seccionada pela maior avenida da cidade, a Avenida Marechal Floriano Peixoto, tida como o principal eixo viário, bem como engloba os principais espaços livres públicos da cidade, que aqui se misturam com a zona ocupada, integrando-se espacialmente e por isso, não ressaltados nos valores após a interpolação.

A figura 07, abaixo, representa o mapa de Nollí e a imagem de satélite de uma das células quadradas classificadas como de lacunaridade muito baixa. Nesta imagem, percebe-se o predomínio de espaços construídos (em sua maioria, residenciais) formados por pequenos lotes e edificações, caracterizando o alto adensamento da região. Os poucos espaços livres mais significativos identificados correspondem a um campo de futebol, à faixa de domínio de uma ferrovia que cruza a área no sentido leste-oeste, além das vias coletoras que perpassam a área.

**Comment [MB10]:** Complementar esta análise e fazer o mesmo com as demais imagens

**Comment [JJ11]:** JÁ ESTAMOS COM 1000 PALAVRAS EXCEDENDO O LIMITE, NÃO DÁ PRA ESCREVER MAIS. INFELIZMENTE.



Figura 07: Exemplo de área urbana de Campina Grande com lacunaridade muito baixa. Google Earth. 2012.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



O agrupamento das zonas com lacunaridade baixa é formado pelos bairros em áreas são intensamente ocupadas por residências e, embora já haja uma ocupação mais dispersa, são regiões carentes de espaços livres públicos e com infraestrutura viária representada principalmente por vias locais. A lacunaridade ainda permanece baixa porque a zona também recebe influência do centro e possui grandes atrativos locais, que induzem o adensamento.

Na figura 08 está exemplificado uma célula quadrada correspondente à área de lacunaridade baixa. Tal classificação pode ser percebida por uma ocupação mais dispersa e ortogonal, a qual acabou resultando em um maior número de vias locais, sendo essas inclusive mais largas se comparadas às das áreas centrais. Além disso, percebe-se também alguns fragmentos de espaços verdes livres nas extremidades Sudeste e Nordeste, maiores e mais concentrados do que na figura 07.



Figura 08: Exemplo de área urbana de Campina Grande com lacunaridade baixa. Google Earth. 2012.

A lacunaridade foi classificada como média na região de Campina Grande onde o adensamento começa a reduzir-se de forma mais evidente, já que as classes de lacunaridade baixa e muito baixa apresentam uma gradação mais suave. Essa região é composta por bairros mais afastados e, em parte, desconectados com a rede principal de infraestrutura urbana. As tipologias aí se descrevem em residências de baixo padrão, em bairros mais precários, ou zonas de altíssimo padrão, representada principalmente por grandes loteamentos e condomínios fechados. Por estar em uma zona mais afastada do centro, percebe-se mais fortemente a presença de grandes espaços verdes livres e de corpos d'água, como o açude de Bodocongó, à Sudeste da imagem. É notável também que há bem menos vias locais nessas regiões, sendo a integração entre essas áreas feita principalmente por vias coletoras.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Figura 09: Exemplo de área urbana de Campina Grande com lacunaridade média. Google Earth. 2012.

A lacunaridade foi verificada como alta nos bairros mais recentes e próximos à zona rural no município. Compreende a região para onde a cidade mais cresce ou ainda que não apresenta grande adensamento urbano, mas com padrões de ocupação rurais.

A região com lacunaridade muito alta é representada pela zona rural do município ou bordas ainda desocupadas dos bairros componentes do perímetro urbano principal. Na figura 10, a qual exemplifica uma célula quadrada inserida nesta região, pode-se notar que mais de 50% da sua área resume-se a espaços livres, tanto áreas verdes como corpos d'água. A ocupação percebida, além de ser dispersa, existe em apenas uma pequena porção à Leste da imagem, o que demonstra o caráter de alta lacunaridade da região.



Figura 10: Exemplo de área periurbana de Campina Grande, com lacunaridade alta. Google Earth. 2012.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Por fim, a figura 11 representa um fragmento de 1 km x 1km pertencente à região de lacunaridade muito alta, localizada na zona rural da cidade. Como este fragmento está fora do perímetro urbano, não foi possível representar sua localização e seu respectivo Mapa de Nolli. Mesmo assim, percebe-se na imagem que existe enorme predominância de espaços verdes livres, além de corpos d'água, os quais correspondem à estação de tratamento do município, e uma ínfima área construída mais à Noroeste, constituindo assim o caráter de lacunaridade muito alta da região.



Figura 11: Exemplo de área rural de Campina Grande, com lacunaridade muito alta. Google Earth. 2012.

**Comment [JJ12]:** TODAS FICAM NA ÁREA RURAL, NÃO EXISTE NENHUMA NA PARTE URBANA...ESSA ÚLTIMA TEM QUE FICAR SOZINHA MESMO. INFELIZMENTE.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem da lacunaridade urbana estabelece um método científico de descrição dos espaços livres das cidades, considerando seus padrões de distribuição, seus agrupamentos e suas quantificações, embasada em uma análise multiescalar de padrões de texturas em imagens binárias, distinguindo sua morfologia e auxiliando em inúmeros estudos e leituras do espaço. Compreender essas lacunas é subsídio para planejadores, gestores e os cidadãos em geral na definição de iniciativas que possam melhorar ou requalificar ambientes urbanos, configurando-se como meio para uma grande diversidade de aplicações, desde estudos sobre segregação social, até estudos intra-urbanos e leitura de padrões dentro de um mesmo território em diferentes escalas, contribuindo para uma compreensão cada vez mais abrangente da complexidade do espaço urbano. Esse tipo de ferramenta ajuda a suprir as carências das bases de dados disponíveis e também a melhor acompanhar o crescimento acelerado das cidades.

A metodologia foi eficiente na distinção dos padrões de ocupação intra-urbana, revelando que o centro histórico e os seus bairros adjacentes são bem mais adensados, com lacunaridades baixas, em relação à periferia da cidade que é pouco ocupada, com predomínio de lacunaridades muito altas.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



Pode-se inferir também a tendência de crescimento e ocupação da cidade na direção Sudoeste ao centro e, embora seja representativo de um modelo, a superfície gerada por Krigagem Ordinária permitiu um entendimento generalizado das variações de lacunaridade dentro do perímetro urbano principal da cidade de Campina Grande, podendo ser associada a diversos outros tipos de análise para compreensão de sua morfologia.

Portanto, a análise da distribuição dos espaços livres nas cidades permite construir uma reflexão crítica sobre os limites e as possibilidades de adensamento e expansão urbanos, ocupando um lugar cada vez mais central no debate sobre desenvolvimento sustentável. Tais espaços são variáveis tanto em tamanhos como em formas, usos e localizações, podendo ser desde pequenos jardins residenciais até enormes áreas verdes consideradas como pulmões da cidade (WELCH, 1991 *apud* CARNEIRO, 2010), adquirindo grande importância na reestruturação e configuração das cidades. A expansão urbana induz cada vez mais as gestões públicas a priorizarem os espaços livres referentes à rede viária das cidades brasileiras, espaços exclusivos para a circulação de veículos que precisam ser constantemente alargados e estendidos para suprir a crescente demanda de automóveis particulares, enquanto os poucos espaços livres públicos de permanência existentes - como recantos, praças, parques e jardins públicos – tornam-se cada vez mais desprezados e abandonados.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGEL, s. et al. *Making Room For a Planet Of Cities*. Lincoln Institute of Land Policy: Cambridge, 2011.
- BARROS FILHO, M. N. M. *As múltiplas escalas da diversidade intraurbana*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2006.
- BARROS FILHO, M. N. M. Detecção de padrões morfológicos intra-urbanos a partir de interpolação por Krigagem Ordinária dos valores de lacunaridade obtidos em imagens de satélite de alta resolução espacial. *Artigo para o XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. Natal, 2009.
- BARROS FILHO, M. N. et al. *Tecidos Urbanos e Sistemas de Espaços Livres em Campina Grande (PB): Uma Descrição da Qualidade da sua Forma Urbana*. *VII Colóquio da pesquisa QUAPÁ-SEL*, 2012.
- CARNEIRO, A. R. S. *Parque e paisagem: um olhar sobre o Recife*. Recife: Editora da UFPE, 2010.
- CORRÊA, R. L. *O espaço urbano*. São Paulo: Ática, 1995.



XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL  
SALVADOR – BAHIA - UFBA



HOLANDA, F. de. *O espaço de exceção*. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

MAGNOLI, M. M. Espaço livre - objeto de trabalho. In: *Paisagem e Ambiente* nº 21, 2006. São Paulo: FAU/USP, p. 175-197.

MANDELBROT, B. *The fractal geometry of nature*. New York: Freeman, 1982.

PLOTNICK, R. et al. Lacunarity analysis: a general technique for the analysis of spatial patterns. *Physical Review*, New York (US), v. 55, n.5, p. 5461-5468, 1996.

SMITH, T.G.; LANGE, G.D. Biological cellular morphometry: fractal dimensions, lacunarity and multifractals. In: LOSA, G. et al (Eds.). *Fractal in Biology and Medicine*. Berlin: Birkhäuser, 1998. p. 30-49.

SOUZA, T. J. *Potencial de aproveitamento de água de chuva no meio urbano: o caso de Campina Grande – PB*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

SUI, D.; ZENG, H. Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging Desakota region: a case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning*, S.l., n. 758, p.1-16, 2000.

TARDIN, R. *Espaços livres: sistema e projeto territorial*. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2008.

WU, X.B.; SUI, D.Z. An initial exploration of a lacunarity-based segregation measure. *Environment and Planning B*, S.l., v. 28, n. 3, p. 433-446, 2001.

