

Ministério da Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional

**Análise da textura urbana para mapeamento
da precariedade habitacional**

Dissertação de Mestrado

Autor: Daniel Zarpelon Leão

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira

Porto Alegre, Dezembro 2011

Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional – PROPUR, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.

Sumário	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Dedicatória.....	vi
Agradecimentos	vii
Epígrafe.....	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xii
1. Introdução	1
1.1 Contextualização do problema de pesquisa	1
1.1.1 <i>O crescimento urbano acelerado e problemas habitacionais</i>	1
1.1.2 <i>Política habitacional e urbana no Brasil atual</i>	2
1.1.3 <i>A dinamica urbana e a cidade como um fractal</i>	3
1.1.4 <i>A geometria dos assentamentos urbanos precarios e o uso de geotecnologias</i>	5
1.2 Premissas da pesquisa	7
1.3 Objetivo da pesquisa	8
1.4 Estrutura da dissertação	10
2. Fundamentação teórica	12
2.1 Introducao	12
2.2 O crescimento urbano acelerado e problemas habitacionais	13
2.3 Política habitacional e urbana no Brasil atual	20
2.4 A dinamica urbana e a cidade como um fractal	27
2.5 A geometria dos assentamentos urbanos precarios e o uso de geotecnologias	31
3. Metodologia	35
3.1 Introdução	35
3.2 Estrutura geral da metodologia de modelagem e análise	35
3.3 Descrição das etapas metodologicas	38
3.3.1 <i>Caracterizacao dos niveis de precariedade habitacional</i>	38
3.3.2 <i>Preparação da base de dados</i>	40
3.3.3 <i>Análises geográficas</i>	41
3.3.3.1 <i>Base raster ou grade de analise</i>	41
3.3.3.2 <i>Indice de pavimentacao</i>	42
3.3.3.3 <i>Indice de renda</i>	43
3.3.3.4 <i>Indices morfologicos</i>	44
3.3.4 <i>Análises estatísticas</i>	49
3.3.5 <i>Formulação do modelo</i>	50

3.3.6	<i>Teste e avaliação do modelo</i>	50
3.4	Conclusões	50
4	Estudo de caso	52
4.1	Introdução	52
4.2	A Cidade de Canela	52
4.3	Preparação das categorias de análise	54
4.3.1	<i>Categoria A-Res: qualidade habitacional de alta renda uni-familiar</i>	55
4.3.2	<i>Categoria A-Cen: qualidade habitacional de alta renda multi-familiar</i>	56
4.3.3	<i>Categoria B: qualidade habitacional de renda média-alta</i>	57
4.3.4	<i>Categoria C: qualidade habitacional de renda média</i>	58
4.3.5	<i>Categoria D: qualidade habitacional de renda baixa</i>	58
4.3.6	<i>Categoria E: qualidade habitacional de renda muito baixa</i>	59
4.4	Preparação da base de dados	60
4.4.1	<i>Grade de análise</i>	61
4.4.2	<i>Pavimentação, renda e edificações</i>	61
4.5	Análises geográficas	64
4.5.1	<i>Mapeamento do Índice de Pavimentação (IP)</i>	65
4.5.2	<i>Mapeamento do Índice de Renda (IR)</i>	66
4.5.3	<i>Mapeamento da Dimensão Fractal (D) e Lacunaridade(L)</i>	68
4.6	Análises estatísticas e formulação do modelo	70
4.6.1	<i>Seleção das amostras</i>	70
4.6.2	<i>Preparação dos dados geográficos para as análises estatísticas</i>	72
4.6.2.1	<i>Dados das amostras das categorias de análise</i>	72
4.6.3	<i>Resumo dos dados estatísticos</i>	77
4.6.4	<i>Análise de correlação entre as variáveis independentes</i>	80
4.6.5	<i>Análise de correlação entre a precariedade habitacional e as variáveis independentes</i>	82
4.6.5.1	<i>Correlacao entre a precariedade habitacional e a infra-estrutura urbana</i>	82
4.6.5.2	<i>Correlacao entre a precariedade habitacional e a renda urbana</i>	83
4.6.5.3	<i>Correlacao entre a precariedade habitacional e a morfologia urbana</i>	83
4.6.5.4	<i>Analise de correlacao entre multiplas variaveis</i>	85
4.6.6	<i>Formulação do modelo de estimativa da precariedade habitacional</i>	87
4.7	Aplicação e avaliação do modelo de estimativa da precariedade habitacional	89
4.8	Conclusões	92
5	Conclusões	94
	Referências bibliográficas	99
	Anexo A	104

RESUMO

Análise da textura urbana para mapeamento da precariedade habitacional

Daniel Zarpelon Leão

Dezembro 2011

Como resposta ao Ministério das Cidades que, em 2005, criou o Sistema Nacional de Habitação Social, com o objetivo de estabelecer diretrizes no nível Federal, e capacitar e financiar projetos de habitação social nos níveis estadual e local, o presente estudo desenvolve uma pesquisa que tem como principal objetivo produzir ferramentas inovadoras para ajudar no planejamento e gestão de habitação social. Tal pesquisa propõe e testa uma metodologia para localizar e caracterizar áreas com precariedades habitacionais, combinando Geoprocessamento de Dados, Sistemas de Informações Geográficas – SIG e análise da geometria fractal. Parâmetros fractais, como Dimensão Fractal e Lacunaridade, demonstraram ser capazes de diferenciar a morfologia urbana, os quais, integrados à infra-estrutura urbana, índices sócio-econômicos e indicadores espaciais, possibilitaram uma adequada estimativa dos problemas da habitação, ao passo que auxiliaram na classificação e gestão de ações que visam a melhoria das moradias nas cidades e regiões.

Selecionada a cidade de Canela como estudo de caso, os resultados obtidos demonstraram que a estimativa da localização e nível de deficiências de habitação social em toda a região, usando o modelo proposto, em comparação com a situação real, alcançou altas correlações.

Simple e com base em dados do Plano Local de Interesse Social de Canela, realizado pela UFRGS, através do NTU–SimmLab, o método também ajudou a superar as limitações da falta de informações e conhecimentos fragmentados da área relacionada às condições de alojamento por profissionais locais, constituindo uma importante contribuição, tendo em vista a predominância do uso de processos fracamente estruturados e demasiadamente intuitivos no mapeamento e hierarquização da precariedade habitacional urbana.

ABSTRACT

Texture analysis for urban mapping of precarious housing

Daniel Zarpelon Leão

December 2011

In response to the Ministry of Cities in 2005, created the National Social Housing, with the aim of establishing guidelines in the Federal level, and train and fund social housing projects in the state and local levels, this study develops a research main objective is to produce innovative tools to help in planning and managing social housing. This research proposes and tests a methodology to locate and characterize areas with precarious housing, combining GIS Data, Geographic Information Systems - GIS and analysis of fractal geometry. Fractal parameters, such as fractal dimension and lacunarity proved to be able to differentiate the urban morphology, which, integrated into the urban infrastructure, socio-economic indices and indicators space, allowed an adequate estimation of housing problems, while assisted in classification and management actions aimed at improving housing in the cities and regions.

Selected the city of Canela as a case study, the results showed that the estimate of the location and level of deficiencies of social housing across the region, using the proposed model, compared to the actual situation, achieved high correlations.

Simple and based on data from Canela's Local Plan for Social Housing, done by UFRGS, through NTU-SimmLab, the method also helped to overcome the limitations of lack of information and fragmented knowledge of the area related to housing conditions for local professionals, constituting an important contribution in view of the predominance of use of processes and too loosely structured intuitive mapping and ranking of precarious urban housing.

DEDICATÓRIA

A todos que duvidaram de minha maestria.

AGRADECIMENTOS

Fato é que não há uma imperativa hierarquia de personagens que compõem meus agradecimentos pela execução e finalização desta dissertação de mestrado. Cada qual, a ser citado daqui por diante, possui semelhante parcela de contribuição e apoio e tolerância para este processo que aqui, então, finda.

Agradeço, primeiramente, a minha mãe, Maribel Maria Zarpelon Leão, pelo demasiadamente humano suporte, entendido este, como todas as formas de ajuda e apoio imagináveis, as quais, em nenhum momento titubearam ou se desprenderam de uma confiança absoluta sobre minha pessoa.

Agradeço a meu pai, Danúbio Oly Trindade Leão e minha irmã, Simone Zarpelon Leão, pela atenção e ajuda, as quais, muito embora conflitantes e questionáveis, jamais se afastaram de mim frente por completo.

Agradeço a Renata Nascimento Salgado, minha mais que enamorada mulher, por seu exemplo profissional enquanto pesquisadora e sua presença ferrenha e iluminada em minha vida.

Agradeço ao Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira, meu orientador, por sua atuação e auxílio na conclusão desta dissertação, a qual exigiu desse uma postura acadêmica de extrema compreensão e profissionalismo.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Tarcísio da Luz Reis, coordenador do PROPUR – UFRGS, por sua articulação ética e excelsamente franca, frente aos trâmites legais que permitiram meu reingresso ao programa e posterior conclusão de meu mestrado.

Agradeço ao Prof. Dr. Benamy Turkienicz, diretor do SimmLab – Laboratório de Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo, cujos dados me serviram de suporte para o desenvolvimento de minha pesquisa.

Agradeço à Prof^a. Dr^a. Rosemary Fritsch Brum e a Prof^a. Dr^a. Livia Teresinha Salomão Piccinini, pelo aceite enquanto membros de minha banca examinadora e por corroborarem, desta maneira, com suas avaliações frente à investigação que realizei.

Agradeço à Secretaria do PROPUR, pelos esclarecimentos dados em meu específico caso de reingresso ao programa e total apoio no tocante aos procedimentos decorrentes desta situação.

Agradeço ao amigo e irmão Luís Felipe Duarte Medeiros, por sua derradeira aposta em minha humanidade.

Ademais, agradeço a todas as pessoas (e tais, bem sabem o quanto) que, de alguma forma, ajudaram e permearam este processo de pesquisa a que me propus e que, agora, declaro concluído.

Por fim, agradeço a Deus – por nunca ter-se apresentado pessoalmente.

EPÍGRAFE

“Derrota após derrota, até a vitória final.”

Ernesto Guevara de la Serna

“Eu caminho devagar, mas nunca caminho para trás.”

Abraham Lincoln

Figura 2.1	Evolução da população urbana mundial, 1955 – 2015	14
Figura 2.2	População urbana segundo regiões, 2005 – 2050	15
Figura 2.3	População Urbana, segundo tamanho do assentamento, 1975 – 2015	17
Figura 2.4	Crescimento da população urbana no Brasil	18
Figura 2.5	Precariedade habitacional	19
Figura 2.6	Materialização do problema habitacional	22
Figura 2.7	Urbanização de assentamentos precários	24
Figura 2.8	Simulações de fractais matemáticos para planejamento de ruas e distribuição, localização e dimensionamento de imóveis	30
Figura 2.9	Simulação elaborada com modelos fractais e uma cidade “real”, Cardiff	30
Figura 2.10	Mapa de potencialidade de ocorrência de assentamentos irregulares no município de Gravataí, resultante da avaliação multicriterial com escala (0 – 255)	34
Figura 3.1	Sequência dos procedimentos metodológicos	37
Figura 3.2	Exemplo de grade de análise	42
Figura 3.3	Produção do mapa de Índice de Pavimentação (IP)	43
Figura 3.4	Produção do mapa de Índice de Renda (IR)	44
Figura 3.5	Método de Box-Counting	45
Figura 3.6	Método de Gliding-Box	47
Figura 3.7	Imagens de Satélite – Canela – RS – Fonte: Google Earth. De cima para baixo, da esquerda para a direita: recortes de 3 áreas de diferentes padrões de ocupação urbana (A, C e E); versões binárias dos respectivos recortes; gráficos de Lacunaridade (L) em função da Escala (\square).	48
Figura 4.1	Localização da cidade de Canela no RS	53
Figura 4.2	Padrões de urbanização nos bairros da cidade de Canela, RS	55
Figura 4.3	Padrão tipológico e morfológico da categoria A-Res, Canela, RS	56
Figura 4.4	Padrão tipológico e morfológico da categoria A-Cen, Canela, RS	57
Figura 4.5	Padrão tipológico e morfológico da categoria B, Canela, RS	57
Figura 4.6	Padrão tipológico e morfológico da categoria C, Canela, RS	58
Figura 4.7	Padrão tipológico e morfológico da categoria D, Canela, RS	59
Figura 4.8	Padrão tipológico e morfológico da categoria E, Canela, RS	59
Figura 4.9	Detalhe da grade de análise, Canela, RS	60
Figura 4.10	Grade de análise, Canela, RS	61
Figura 4.11	Mapa de pavimentação de vias urbanas, Canela, RS	62

Figura 4.12	Mapa de renda dos setores censitários urbanos, Canela, RS	63
Figura 4.13	Mapa de edificações urbanas, Canela, RS	64
Figura 4.14	Procedimentos de produção do mapa de índice de pavimentação, Canela, RS	65
Figura 4.15	Mapa de Índice de Pavimentação (IP), Canela, RS	66
Figura 4.16	Mapa de Índice de Renda (IR), Canela, RS	67
Figura 4.17	Mapa da Dimensão Fractal (D), Canela, RS	69
Figura 4.18	Mapa da Lacunaridade (L), Canela, RS	70
Figura 4.19	Localização e categoria de análise das células da amostra estatística	71
Figura 4.20	Amostra para categoria A-Res	72
Figura 4.21	Amostra para categoria A-Cen	73
Figura 4.22	Amostra para categoria B	74
Figura 4.23	Amostra para categoria C	75
Figura 4.24	Amostra para categoria D	76
Figura 4.25	Amostra para categoria E	77
Figura 4.26	Índice de pavimentação por categoria de análise	78
Figura 4.27	Índice de renda por categoria de análise	79
Figura 4.28	Dimensão Fractal por categoria de análise	79
Figura 4.29	Lacunaridade por categoria de análise	80
Figura 4.30	Reta de regressão das variáveis PrecHab x IP	82
Figura 4.31	Reta de regressão das variáveis PrecHab x IR	83
Figura 4.32	Retas de regressão das variáveis PrecHab x D	84
Figura 4.33	Retas de regressão das variáveis PrecHab x L	85
Figura 4.34	Cálculo da Precariedade Habitacional através de álgebra de mapas em SIG	90
Figura 4.35	Precariedade Habitacional em Canela estimada pelo modelo proposto	91
Figura 4.36	Distribuição da Precariedade Habitacional estimada para Canela	92

Tabela 2.1	Urbanização na América do Sul	16
Tabela 2.2	Déficit habitacional e percentual em relação aos domicílios particulares permanentes, segundo regiões geográficas - BRASIL – 2007	19
Tabela 2.3	Critérios de inadequação dos domicílios urbanos duráveis, segundo regiões geográficas BRASIL – 2007	20
Tabela 3.1	Categorias de qualidade habitacional	39
Tabela 4.1	Relação entre células amostrais e área de estudo, conforme categorias de análise.	71
Tabela 4.2	Índice de Correlação (R) e Índice de Determinação (R ²) entre as variáveis independentes para as amostras	81
Tabela 4.3	Análise de regressão múltipla para estimativa da precariedade habitacional com base nas amostras	86
Tabela 4.4	Análise de regressão múltipla para estimativa da precariedade habitacional com base nas amostras, excluindo as células da categoria A-Cen	87
Tabela 4.5	Critérios e ponderadores do modelo de estimativa da precariedade habitacional	89

1.1 Contextualização do problema de pesquisa

1.1.1 O crescimento urbano acelerado e problemas habitacionais

As cidades da América Latina sofreram um rápido processo de urbanização. Tanto as taxas de crescimento natural como de migração rural-urbana foram muito elevadas. Os países latino-americanos foram de predominantemente rural para predominantemente urbano em poucas décadas (UNCS, 1996). Os níveis de urbanização no Brasil, particularmente, foram de 36% em 1950, atingindo o equilíbrio entre a população rural e urbana em 1970, subindo para 82% a partir de 2000. Essa transformação mostra-se ainda mais dramática em números absolutos do crescimento populacional do país como um todo: entre 1960 e 1996 a população urbana no Brasil aumentou de 31 milhões para 137 milhões; ou seja, em menos de 40 anos as cidades brasileiras receberam mais de 100 milhões de novos habitantes (IPEA, 2002).

Esta urbanização rápida produziu vários tipos de problemas sociais, especialmente em termos de habitação, visto que as oportunidades de emprego não acompanharam as taxas de crescimento e os governos não foram capazes de prover habitação e infra-estrutura suficiente para acomodar de forma adequada a crescente população das cidades.

Desde 1980 as taxas de crescimento diminuíram e estudos sugerem a tendência dessas taxas permanecerem como estão. Os problemas urbanos, entretanto, não desapareceram nas últimas duas décadas, e, apesar das menores taxas de crescimento populacional, as cidades continuam crescendo e se desenvolvendo. Tem ocorrido um processo de redução da concentração da população nas cidades centrais de áreas metropolitanas juntamente com um significativo aumento do tamanho das cidades de pequeno e médio porte. O principal problema atual do crescimento urbano nas cidades da América Latina é o padrão espacial do crescimento, sua dinâmica de mudança e as conseqüências adversas para as condições de habitabilidade (Barros, 2004).

Analisando-se as condições de moradia no Brasil, evidenciam-se necessidades habitacionais consideráveis ainda não satisfeitas. Os problemas habitacionais brasileiros incluem como regra: a segregação espacial da população pobre em assentamentos informais, a carência de moradias, a escassez de serviços de infra-estrutura urbana, dificuldades de acesso

às oportunidades de emprego produtivo e a ocupação de áreas de risco e legalmente protegidas. A escassez relativa e os elevados preços da terra urbana decorrentes de uma política de uso do solo inadequada colaboram para aumentar os problemas habitacionais do país. Segundo estudo desenvolvido pela Fundação Getúlio Vargas em 2003 (FGV, 2003), a necessidade habitacional absoluta no Brasil em 2003 era de 7,3 milhões de moradias, representando um crescimento de quase 20% em relação à década anterior.

1.1.2 Política habitacional e urbana no Brasil atual

No dia 16 de junho de 2005, foi sancionada a Lei Federal nº 11.124, a qual, em seu preâmbulo, dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS (Lei Federal nº 11.124).

Capitaneado pela Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, tal marco legal constitui um divisor de águas na Política habitacional e urbana no Brasil atual.

No corpo desta lei, percebe-se que o SNHIS tem como objetivo principal implementar políticas e programas que promovam o acesso à moradia digna para a população de baixa renda, que compõe a quase totalidade do déficit habitacional do País. Além disso, esse Sistema centraliza todos os programas e projetos destinados à habitação de interesse social. Por sua vez, ao FNHIS cabe a centralização dos recursos orçamentários dos programas de Urbanização de Assentamentos Subnormais e de Habitação de Interesse Social, inseridos no SNHIS. Esses recursos têm aplicação definida pela Lei, como, por exemplo, a aquisição, construção, conclusão, melhoria, reforma, locação social e arrendamento de unidades habitacionais, a produção de lotes urbanizados para fins habitacionais, a regularização fundiária e urbanística de áreas de interesse social, ou a implantação de saneamento básico, infra-estrutura e equipamentos urbanos, complementares aos programas de habitação de interesse social (Ministério das Cidades, 2008).

Dessa maneira, nota-se o estímulo dado pelo Governo Federal para que Governos e Municípios de todo o país estabeleçam políticas focadas no cumprimento da função social da cidade e da propriedade, buscando reverter seus particulares problemas habitacionais e implementar seus próprios instrumentos de planejamento e gestão condizentes às questões habitacionais.

O instrumento básico para aderir ao SNHIS/FNHIS é denominado Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS. Ele é que, de fato, implementa o SNHIS no âmbito local, ao estabelecer um conjunto de objetivos, metas, diretrizes e instrumentos de ação e

intervenção para o setor habitacional, integrando este setor a ações de níveis Federal, Estadual e Municipal.

Ao acessarmos o site do Ministério das Cidades – www.cidades.gov.br – percebemos o quanto tal instrumento tem sido articulado ao longo do país. Mesmo que o Banco Referencial do PHLIS, constante na Biblioteca do Setor de Habitação deste mesmo site, não reproduza a totalidade da produção deste específico Plano no Brasil, consta já, em seus arquivos, que 13 Estados (Amapá, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins) possuem tal instrumento, somando mais de 30 cidades com seus próprios PHLIS's. Especificamente, no Estado do Rio Grande do Sul, 6 cidades (Canela, Planalto, Portão, Rosário do Sul, Santa Cruz do Sul e Taquara) estão reportadas em tal Banco de Dados.

É imperativo salientar que, para a presente dissertação, far-se-á uso do Plano Municipal de Habitação de Interesse Social – PMHIS do município de Canela como base referencial teórica e descritiva. Tal Plano foi realizado a convite da Prefeitura Municipal de Canela junto à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, e seu desenvolvimento ficou a cargo do Núcleo de Tecnologia Urbana – NTU, o qual agrega diferentes Grupos de Pesquisa e Laboratórios da UFRGS focados na análise de diferentes aspectos da estrutura física e ambiental do espaço urbano e regional. Entre os Laboratórios do NTU estão o Legg – Laboratório de Ensaios Geotécnicos e Geo Ambientais, o IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, o Lastran – Laboratório de Sistemas de Tráfego e Transportes e o SimmLab – Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo, o qual teve atuação direta no Plano Habitacional de Canela (Turkienicz, B et al, 2008).

1.1.3 A dinâmica urbana e a cidade como um fractal

Ao se propor um estudo sobre a dinâmica urbana e seus reflexos na questão habitacional, torna-se necessário definir o conceito de espaço intra-urbano. Segundo Barros Filho (2007), tal espaço pode ser entendido como um sistema que inter-relaciona seus diversos objetos componentes, estando estes divididos entre elementos sociais, físicos e humanos. Dessa maneira, o espaço intra-urbano seria uma estrutura composta pelo somatório do ambiente artificial construído através da ação antrópica, o ambiente natural pré-existente e as pessoas inseridas neste espaço.

Constatadas tais partições, não é difícil perceber o quanto a parcela humana, seja ela individual ou em grupo, atuam sobre as outras duas porções formadoras do espaço intra-

urbano, a partir do momento que modificam este ambiente, seja por meio de sua modificação espacial ou de seu comportamento sobre a mesma.

A busca por uma descrição analítica que compreenda a estrutura intra-urbana tem sido foco de diversos modelos. Como toda modelagem, tal compreensão exige uma simplificação do universo pesquisado por intermédio da representação das relações existentes e de seus elementos participantes. O julgamento da relevância destes componentes parte do princípio de uma escolha adequada de escalas espaciais e temporais, as quais venham a definir, aproximadamente, os limites a serem observados nesta estrutura e facilitar sua compreensão sobre o fenômeno pesquisado.

Uma breve revisão da modelagem urbana clássica demonstra que os tratados seminais sobre a formatação do ambiente urbano supunham uma configuração espacial das cidades calcada numa geometria radiocêntrica, onde as condições de vida e atividades cotidianas estavam intrinsecamente atadas e inversamente valoradas conforme seu distanciamento do centro urbano (Corrêa, 1995; Villaça, 2001).

Conforme Villaça (2001), mesmo que a relação *Centro x Periferia* elucidada, ainda, um consolidado padrão urbano nas cidades brasileiras, a dinâmica urbana atual do país incorpora novos elementos a este processo. A proliferação de assentamentos precários, por meio da invasão de terras urbanas não ocupadas, estejam estas às margens de cursos d'água ou sob viadutos de grandes obras viárias ou sobre pequenas porções de lotes – públicos ou privados – baldios, ratifica a disseminação da pobreza urbana e pressiona os agentes públicos responsáveis a reconsiderar os modelos utilizados nas décadas de 1970 e 1980 (Torres et al., 2003), os quais analisavam e descreviam o aumento das concentrações urbanas.

O arcabouço teórico, até este momento, baseava-se no *paradigma do equilíbrio* (Farret, 1985), cujo qual arquitetava simulações de crescimento urbano de forma linear. Tal estado paradigmático estaria propenso a perturbações somente por estímulos externos “eventuais”, retomando prontamente seu equilíbrio original após a absorção destes.

No tocante à reconsideração dos modelos urbanos até então utilizados, recentemente, Allen (1997), considera o espaço intra-urbano e sua dinâmica naturalmente fora de equilíbrio, instável e em permanente mutação. Ademais, na área da morfologia urbana, deve-se salientar que novos modelos, postulados a partir de um estado de não-equilíbrio não representam uma ausência de padrão; pelo contrário, Portugali (2000), apresenta a possibilidade de que os sistemas urbanos sejam auto-organizáveis e que tenham, portanto, o comportamento de um

sistema complexo. Como característica intrínseca destes sistemas, temos sua operação de funcionamento atuando de forma independente quanto às regras de um núcleo central, com a emergência dinâmica de resultados ao longo de seu processo evolutivo. Assim, aplicado aos estudos dos fenômenos urbanos, estes novos modelos corroboram para o entendimento da produção do espaço urbano e, principalmente, da geração de sua complexa morfologia.

Dada a proposição de que o sistema urbano é um sistema complexo, auto-organizável e auto-emergente, adentramos as chamadas ciências não-lineares, as quais possuem na teoria dos fractais, um significativo contribuinte de análise e conjectura para os mais diversos campos do conhecimento. Ao descrever fenômenos da natureza, tais como relâmpagos, nuvens, costas continentais e a própria morfologia urbana, a geometria fractal preenche uma lacuna que a tradicional geometria euclidiana era incapaz de representar (Mandelbrot, 1983).

No escopo de estudos urbanos, os conceitos de geometria fractal são utilizados, atualmente, tanto para modelagem de crescimento e evolução urbana, como também para estudos comparativos entre medidas de complexidade (Dimensão Fractal, Lacunariade etc) e indicadores sócio-econômicos. Neste caminho, pesquisadores como Batty e Longley (1994) e Frankhauser (1994) demonstraram que as propriedades fractais se assemelham a padrões de texturas urbanas; ou seja, organização hierárquica interna, distribuição multi-escalar, não-homogeneidade etc, de tal forma que, segundo Salingeros (2005), o entendimento da cidade como um fractal representa um grande avanço na ciência do urbanismo.

1.1.4 A geometria dos assentamentos urbanos precários e o uso de geotecnologias

Na última década, tornou-se perceptível o desenvolvimento de pesquisas científicas que têm como foco principal o estudo da estrutura espacial urbana e, primordialmente, a constituição morfológica de assentamentos informais ou precários, tendo-se em vista a flagrante proliferação deste fenômeno, seu papel contundente na formação das cidades dos países em desenvolvimento e a concentração de inúmeros problemas provenientes destas específicas aglomerações. Conforme Barros (2004), este atual enfoque complementa as abordagens de predominância sociológica, política e econômica existentes, as quais também investigam a pobreza urbana e suas mais diversas conseqüências.

Como foi citado no item anterior, a utilização dos princípios e métodos da geometria fractal tem auxiliado no entendimento e modelagem da textura urbana. Prova disso são os estudos realizados nos últimos anos que se alicerçam neste novo arcabouço teórico. Sobreira e Gomes (2001), por exemplo, estabeleceu uma comparação entre a geometria de

assentamentos precários no Brasil e no Quênia, concluindo que tais aglomerações urbanas possuíam um evidente padrão de configuração morfológica, o qual poderia ser melhor representado por intermédio de suas propriedades multi-escalares. Tal constatação levou o autor a considerar que, no âmbito do planejamento urbano, tais propriedades escalares podem descrever de maneira bastante útil os parâmetros espaciais de assentamentos precários.

A investigação da geometria de assentamentos precários através da concatenação de imagens de satélite, geotecnologias e conceitos de geometria fractal encontra-se representada também pelos estudos de Alves Junior e Barros Filho (2005) e Barros Filho e Sobreira (2002). Nestas duas investigações, a aparente desordem das formações urbanas espontâneas é desvelada a ponto de, primeiramente, se comprovar a existência de uma “ordem escondida”, e, posteriormente, obter dados da morfologia urbana destes aglomerados por meio de imagens orbitais com diferentes resoluções através do processamento de análises espaciais executadas em sistemas de informações geográficas.

No tocante às condições de habitabilidade, o trabalho de Barros Filho (2007) analisa assentamentos precários na cidade de Recife relacionando medidas fractais com índices baseados em dados censitários. Tal pesquisa obtém uma convincente correlação entre as condições sócio-econômicas das áreas investigadas com a morfologia local, de tal forma que o autor reitera a importância de aprofundamento desta correlação e de sua importância para o planejamento urbano. Neste mesmo caminho, ao utilizar um sistema de informações geográficas, Leão e Leão (2007) realizaram um estudo focado na lógica locacional de assentamentos irregulares em um município da região metropolitana de Porto Alegre, cujo qual obteve bons resultados de mapeamento e predição de áreas propensas à emergência destes específicos aglomerados.

Percebe-se, sobremaneira, como a identificação, quantificação e análise da textura urbana relacionada à precariedade habitacional permite, tanto uma melhor compreensão da morfologia urbana irregular constituída por este fenômeno como também seu acompanhamento evolutivo e projeção de ações que amenizem seus impactos resultantes. Neste ponto, cabe salientar, o estudo de Barbedo (2007), o qual se aproxima, em determinado ponto metodológico, à pesquisa aqui proposta, dado que explora áreas intra-urbanas pobres através da análise de imagens orbitais. Além disso, o autor reitera que somente a identificação objetiva de áreas prioritárias possibilita a implementação de projetos eficazes de mapeamento de áreas urbanas precárias, acrescentando, por fim, que o desenvolvimento de políticas públicas de redução da pobreza urbana necessita da imediata revisão dos instrumentos de apoio até

então utilizados, partindo do pressuposto de que a interpretação espacial deste fenômeno merece maior reconhecimento.

No âmbito nacional, ao considerarmos a atual postura do governo brasileiro de estímulo ao desenvolvimento de planos e programas habitacionais, percebemos a necessidade de uso de métodos que utilizem, cada vez mais, a análise dos padrões morfológicos urbanos, dada a importância destes aspectos espaciais e sua provável correlação com padrões de qualidade habitacional.

Interessante frisar como o estado atual da arte relacionado à investigação dos problemas de precariedade habitacional urbana, como foi brevemente citado neste item, sugere o quanto o desenvolvimento e aplicação das geotecnologias têm ampliado o entendimento da estrutura intra-urbana. Imagens provenientes de sensoriamento remoto têm alcançado resoluções de alta qualidade do tecido urbano. Os sistemas de informações geográficas têm possibilitado a integração e manipulação de diversos dados urbanos com diferentes escalas e formatos. Novas técnicas de processamento digital de imagens, tais quais, correção radiométrica, correção geométrica, ampliação de contraste, filtragem digital de imagens, classificações de imagens supervisionada ou não supervisionada e uso de métodos estatísticos aplicados ao processamento de imagens buscam ampliar a capacidade de detecção e descrição de objetos captados por imagens orbitais (Rosa, 2009). Além disso, a análise de dados espaciais em múltiplas escalas permite o desenvolvimento de métodos que avaliem a morfologia urbana através de aspectos de auto-similaridade da geometria fractal.

Por certo, o uso dessas novas técnicas, no âmbito das geotecnologias, pode oferecer novas abordagens aos problemas de planejamento urbano e, especificamente, outras formas de investigar a precariedade habitacional; entretanto, há de se perceber que as pesquisas citadas neste sub-item tinham como objeto de estudo, cidades de grande porte. Sabidamente, a proliferação de assentamentos precários não é exclusividade das metrópoles e o surgimento desses aglomerados urbanos em cidades de menor porte é cada vez mais perceptível, assim como sua dinâmica e escala de crescimento são ainda passíveis de melhor compreensão.

1.2 Premissas da pesquisa

Tendo por base a contextualização apresentada anteriormente, esta pesquisa parte de um conjunto de premissas:

- A formação de periferias pobres e assentamentos precários faz parte da lógica do processo de urbanização nos países de terceiro mundo;
- A cidade é um múltiplo fractal, ou seja, a forma urbana segue os princípios da geometria fractal;
- Medidas fractais, tais como a Dimensão Fractal e a Lacunaridade, são capazes de diferenciar a morfologia urbana;
- Há indicações de existência de correlação entre a forma urbana, medida através de geometria fractal, e indicadores sócio-econômicos;
- Estudos preliminares apresentaram bons níveis de correlação entre a medida de Lacunaridade (medida de forma urbana) e níveis de habitabilidade urbana;
- Softwares que lidam com métodos de geometria fractal para estudos urbanos são atualmente disponíveis com facilidade e baixo custo, muito embora os dados geográficos que os alimentam sejam, muitas vezes, de alto custo;
- O uso de medidas fractais associadas a medidas de condições de habitabilidade pode servir como importante instrumento para auxiliar o processo de planejamento e gestão da habitação urbana, atualmente um tema central da política urbana nacional;
- Há necessidade de melhores instrumentos para o planejamento habitacional urbano que possuam forte enfoque espacial, tendo em vista os padrões típicos das modernas cidades brasileiras de fragmentação, periferação e segregação espacial.

1.3 Objetivo da pesquisa

A forma urbana não é estática, ela muda, pois é resultado de um contínuo processo. Isto não significa, entretanto, que ela não possua uma lógica, ou certo nível de previsibilidade. Há teorias e modelos contemporâneos que descrevem a dinâmica urbana, resultando em simulações de forma emergente desta dinâmica. A saber, Clarke et al. (1997, 1998), Wu (1998), Xia e Yeh (2000) e Papini et al. (1998). No âmbito destas pesquisas, elevadas correlações têm sido encontradas entre os resultados dos modelos propostos e as cidades reais.

Mesmo sendo um processo dinâmico, pode ser útil para o planejamento e gestão urbana a análise da forma que uma cidade tem em um dado momento de sua história. Neste caso, pode-se avaliar a relação entre a forma da cidade e problemas existentes. Pode-se ainda monitorar

problemas urbanos relacionados à forma, através da evolução espacial do sistema, assim como também é possível testar-se formas alternativas para solução de tais problemas.

O presente estudo tem por princípio que a cidade tem uma determinada morfologia e que essa forma tem relação com problemas urbanos contemporâneos significativos. Com foco no problema habitacional e nos esforços da atual política urbana nacional em saná-lo, a investigação aqui proposta, alicerçada pelo Plano Local de Habitação de Interesse Social – PHLIS de Canela, objetiva ***desenvolver e testar uma metodologia para mapeamento da precariedade habitacional urbana***. Tal caracterização se dá em dois níveis:

- Distribuição geográfica – O método deve ser capaz de identificar as desigualdades dentro do espaço urbano, onde há aglomerados (pequenos ou grandes) concentradores de precariedade habitacional. Neste sentido, a metodologia serve como instrumento para orientar a localização de necessárias ações corretivas.

Com relação à abordagem para desenvolvimento de tal metodologia, se tem por princípios:

- Utilização de modernos fundamentos e conceitos da *teoria da complexidade* (auto-organização, auto-semelhança, não-linearidade, emergência etc) e técnicas da geometria fractal para a caracterização da forma urbana através de duas medidas fractais: Dimensão Fractal e Lacunaridade;
- Utilização de dados geográficos cadastrais, de sensoriamento remoto, sócio-econômicos do Censo e infra-estruturais do município de Canela, fornecidos pelo Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo – SimmLab, vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS;
- Inter-relacionamento de medidas de forma urbana (Dimensão Fractal e Lacunaridade) com dados sócio-econômicos (renda) e infra-estruturais (pavimentação) dentro de um sistema de informações geográficas para a mensuração e mapeamento da precariedade habitacional urbana, fazendo uso de modernos métodos matemáticos e computacionais automatizados;
- Aplicação da metodologia a um caso de estudo real para teste de sua aplicabilidade como instrumento de auxílio ao planejamento e gestão habitacional em áreas urbanas.

Partindo-se da premissa que o PLHIS de Canela (Turkienicz, B et al, 2008) já avaliou, de forma pormenorizada, a questão habitacional desta cidade, a metodologia proposta nesta dissertação sugere, apenas, o desenvolvimento de um modelo geográfico de estimativa da precariedade habitacional que perscrute a textura urbana e promova uma análise de mapeamento deste específico problema, fazendo uso, como anteriormente citado, de acréscimos conceituais substanciados na teoria da complexidade e na geometria fractal.

Dessa forma, a presente pesquisa acredita contribuir para o planejamento urbano, ao passo que incorpora a teoria da complexidade e, mais especificamente, a geometria fractal, ao PLHIS realizado em Canela.

1.4 Estrutura da dissertação

Após este **Capítulo 1**, de **Introdução**, a dissertação está estruturada em mais quatro capítulos.

O **Capítulo 2** apresenta a **Fundamentação Teórica** da pesquisa. Inicia com uma caracterização do processo de desenvolvimento e urbanização das cidades brasileiras, dando ênfase aos aspectos da forma urbana resultante destes processos. A manifestação espacial da urbanização, através dos processos de periferização, fragmentação e segregação é discutida com relação ao tema da pobreza urbana e da precariedade habitacional. Progressos científicos recentes no campo da modelagem computacional urbana para fins de compreensão e análise do processo de crescimento urbano são debatidos. Posteriormente, o problema habitacional brasileiro atual é contextualizado frente à atual política urbana e habitacional do país. Subsequentemente, as metodologias para caracterização e mensuração de problemas habitacionais utilizados nos planos habitacionais urbanos atuais são analisadas com respeito a suas potencialidades e limitações. Uma das principais limitações está na carência de dados e técnicas robustas de espacialização das atuais demandas habitacionais urbanas, assim como métodos para monitoramento regular de tal situação. O capítulo encerra apresentando desenvolvimentos científicos recentes de análise de texturas urbanas através de métodos de geometria fractal que podem potencialmente ser utilizados para o mapeamento e estimativa da precariedade habitacional urbana.

O **Capítulo 3**, referente à **Metodologia**, detalha a abordagem proposta e desenvolvida para tratar do tema da pesquisa, que é o mapeamento precariedade habitacional urbana. A metodologia é dividida em seis etapas: (a) preparação das categorias de análise, onde são

caracterizados os níveis de precariedade habitacional de acordo com aspectos da morfologia e da situação sócio-econômica urbana; (b) preparação das bases de dados, incluindo um conjunto de processamentos computacionais em sistemas de informações geográficas para compatibilizar cartograficamente informações com fontes e formatos diversos; (c) análises geográficas, quando medidas de forma são calculadas através de técnicas de geometria fractal (Dimensão Fractal e Lacunaridade), assim como indicadores sócio-econômicos e infra-estruturais são produzidos em sistemas computacionais geográficos; (d) análises estatísticas, responsáveis por analisar a correlação existente entre as medidas de forma urbana, sócio-econômica e infra-estrutural com os níveis de precariedade habitacional, tomando-se por base amostras selecionadas no espaço geográfico; (e) formulação do modelo geográfico de estimativa da precariedade habitacional, tendo como base as análises estatísticas amostrais; e, por fim, (f) procedimentos e técnicas para teste e avaliação do modelo.

O **Capítulo 4, o Estudo de Caso**, tem o objetivo de testar a metodologia apresentada no capítulo 3 frente a uma situação real urbana. Tendo como referência o Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS, realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS no município de Canela, assim como toda base de dados geográficos, provenientes do Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo – SimmLab, vinculado à mesma instituição, tal cidade foi selecionada como área de teste e estudo desta pesquisa. Através do uso da base de dados geográficos contidos no PLHIS de Canela, cujo acesso encontra-se supracitado, a metodologia proposta neste estudo realizou medidas de textura urbana, as quais foram calculadas e combinadas a informações de ordem sócio-econômica e infra-estrutural. A partir de análises estatísticas amostrais, o modelo de estimativa da precariedade habitacional é determinado e aplicado a toda a cidade do estudo de caso. Resultados estimados são obtidos. Com o objetivo de avaliar a sensibilidade do modelo, alterações de dados são desenvolvidas e resultados são comparados.

O **Capítulo 5, Conclusões**, faz o fechamento da dissertação. Este capítulo avalia os resultados da aplicação do modelo proposto frente à realidade, ou seja, analisa a capacidade do modelo proposto em mapear e estimar o nível existente de precariedade habitacional de uma dada cidade. Considera também os resultados provenientes de alterações nos dados no teste de sensibilidade. Além disso, tece uma discussão destes resultados frente aos objetivos do estudo, às bases teóricas que o fundamentam, e sua contribuição para o desenvolvimento científico do campo em que se insere. Por fim, aponta caminhos para aprimoramento e desenvolvimento futuro da pesquisa aqui apresentada.

2.1 Introdução

Este capítulo tem o objetivo de apresentar uma revisão na literatura de temas importantes para o desenvolvimento da pesquisa, estando dividida em seis partes:

(i) *O crescimento urbano acelerado e problemas habitacionais.*

O texto inicia tratando de características e atual situação da segregação sócio-espacial, apresentando elementos sobre a formação de assentamentos autoproduzidos em áreas urbanas e tendências futuras.

(ii) *Política habitacional e urbana no Brasil atual.*

Posteriormente, os novos paradigmas propostos pelo Estatuto da Cidade em relação à política nacional para habitação de baixa renda e aos processos de regularização jurídica e urbanística de assentamentos autoproduzidos são apresentadas, contextualizadas e analisadas.

(iii) *A dinâmica urbana e a cidade como um fractal.*

A compreensão do espaço intra-urbano enquanto realidade complexa é discernida neste item, assim como a comparação das teorias e dos paradigmas que analisam a configuração espacial das cidades, o que, por fim, exige uma reconsideração dos modelos existentes e da aceitação da geometria fractal como importante ferramenta de análise e proposição para o problema da precariedade habitacional urbana.

(iv) *A geometria dos assentamentos urbanos precários e o uso de geotecnologias no planejamento habitacional.*

Por fim, o estudo da geometria de assentamentos precários e sua configuração urbana é revisto nesta seção, através do estado da arte correlata, demonstrando como as geotecnologias, incluindo o sensoriamento remoto e o geoprocessamento de dados em sistemas de informações geográficas constituem instrumentos eficientes para o tratamento de processos urbanos relacionados á precariedade habitacional.

Deste conjunto de temas interrelacionados construímos o referencial teórico-metodológico desta pesquisa, ou seja, os conceitos-chave do estudo, as bases teóricas e a seleção da abordagem metodológica.

2.2 Crescimento urbano acelerado e problemas habitacionais

A urbanização representa uma das manifestações mais significativas da atividade humana. Embora os primeiros aglomerados urbanos sejam milenares, sua universalização é um fenômeno recente na história do planeta e seu crescimento acelerado, processo este verificado apenas nos últimos séculos, configura um elemento ainda mais novo, complexo e problemático.

Até 1800, somente 1% da população mundial vivia em cidades. Entretanto, desde meados do século XVIII, como efeito associado à revolução industrial, a urbanização tem crescido a nível mundial em um ritmo cada vez mais acelerado. Conforme Guglielmo (1996), durante a primeira metade do século XX a população total do mundo aumentou em 49%, enquanto a população urbana aumentou em 240%. A Figura 2.1 ilustra o crescimento constante tanto observado como previsto para o período 1955-2015.

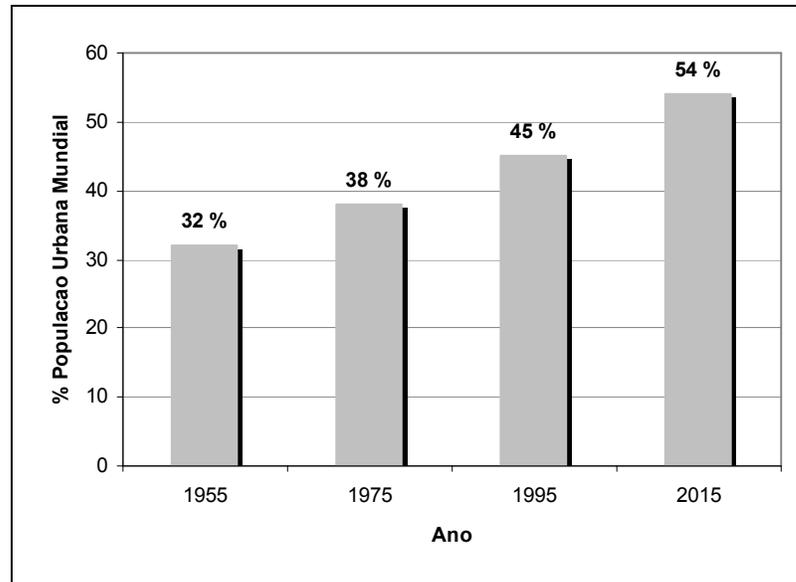


Figura 2.1 – Evolução da população urbana mundial, 1955 – 2015. Fonte: SWP, 2007.

Ratificando esta lógica de crescimento urbano acelerado, no ano de 2007, o Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA) lançou o relatório *Situação da População Mundial 2007: desencadeando o potencial do crescimento urbano*, o qual projetou, para o ano de 2008, pela primeira vez na história, uma população mundial majoritariamente urbana; ou seja, com mais da metade dos habitantes do planeta vivendo em cidades ou metrópoles.

O mesmo documento também salienta dois pontos, os quais, ao longo dos últimos 30 anos, sugerem a emergência de um novo padrão de urbanização: o acelerado crescimento urbano em regiões menos desenvolvidas e o diferenciado crescimento das mega-cidades¹ e das cidades de pequeno e médio porte².

Ao longo do século XX, a população urbana mundial cresceu muito rapidamente (de 220 milhões para 2.84 bilhões); contudo, novos levantamentos indicam que serão os países subdesenvolvidos, nas próximas décadas, a apresentar um crescimento urbano sem precedentes. De fato, Pelletier e Delfante (2000) ressaltam que as cidades de terceiro mundo têm conhecido a partir de meados do século XX um crescimento “explosivo”. Durante esse período, as taxas de crescimento anual foram superiores a 3% em quase todas as grandes metrópoles do terceiro mundo, alcançando em certos casos 5 a 6%. Outras projeções indicam

¹ Considera-se mega-cidade qualquer aglomerado urbano que possua 10 milhões ou mais de habitantes.

² Considera-se cidade de pequeno porte aquelas que possuem entre 500 a 100.000 habitantes e médio porte aquelas que possuem entre 100.001 e 500.000 habitantes. FONTE: IBGE.

que até 2030, as cidades e metrópoles dos países em desenvolvimento representarão 80% da população urbana (SWP, 2007).

Este processo torna-se particularmente preocupante na África e Ásia, onde se espera que a população urbana venha a dobrar entre 2000 e 2030. Estima-se que neste intervalo o número de habitantes nas cidades da Ásia crescerá de 1,36 bilhão para 2,64 bilhões e da África, de 294 milhões para 742 milhões. No caso da América Latina, as mesmas estimativas indicam que a população urbana cresça de 394 milhões para mais de 609 milhões. Esta última região merece equivalente cuidado pelo fato de ser constituída de países exclusivamente em desenvolvimento e possuir tanto mega-cidades quanto uma vasta rede urbana de cidades de pequeno e médio porte, as quais, como dito anteriormente, apresentam atualmente as maiores taxas de crescimento urbano (Figura 2.2).

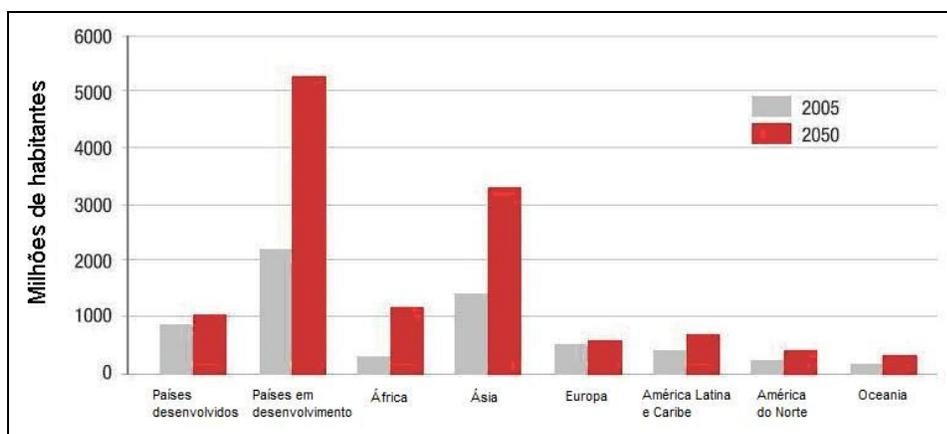


Figura 2.2 – População urbana segundo regiões, 2005 – 2050. Fonte: SWP, 2007.

De fato, a urbanização se processou de forma rápida na América Latina. Tanto as taxas de crescimento natural como de migração rural-urbana chegaram abruptamente a valores muito elevados, o que tornou, em poucas décadas, países predominantemente rurais em nações predominantemente urbanas (UNCHS, 1996). Nos países da América do Sul, de modo geral, os contingentes populacionais urbanos demonstram um comportamento muito semelhante de acelerado crescimento (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Contingente populacional urbano na América do Sul.

Países	2006	2007	2008	2009	2010
Argentina	35.745.846,6	36.139.884,6	36.537.154,2	36.937.597,3	37.341.035,4
Bolívia	6.017.686,4	6.162.629,2	6.307.790,0	6.454.380,4	6.603.349,6
Brasil	159.125.421,4	161.556.117,2	163.922.702,2	166.269.383,2	168.628.696,6
Chile	14.472.673,3	14.663.876,7	14.854.022,4	15.043.129,9	15.231.182,3
Colômbia	32.291.743,1	32.909.426,6	33.529.307,6	34.149.224,9	34.767.425,6
Equador	8.764.876,4	8.991.238,9	9.218.410,1	9.446.861,3	9.676.910,4
Paraguai	3.551.080,8	3.653.219,1	3.756.835,9	3.862.212,2	3.969.547,0
Peru	19.840.867,5	20.082.413,6	20.322.823,3	20.567.090,8	20.818.782,6
Uruguai	3.052.623,2	3.064.641,3	3.077.330,0	3.090.722,7	3.104.840,2
Venezuela	25.041.518,4	25.553.693,4	26.068.942,0	26.584.454,4	27.103.960,0

Fonte: Banco Mundial, 2011.

O acelerado crescimento urbano de regiões subdesenvolvidas foi acompanhado pelo agravamento dos problemas ambientais e das desigualdades sociais. Visto que os governos não foram capazes de prover infra-estrutura e moradia suficiente para acomodar de forma adequada a crescente população das cidades e as oportunidades de emprego não acompanharam as taxas de crescimento populacional, o processo vertiginoso de urbanização dos países em desenvolvimento tem se caracterizado pela ineficácia no planejamento urbano e no atendimento às necessidades humanas básicas, tais como trabalho, abastecimento, educação, lazer, saúde e habitação.

Muito embora alguns estudos indiquem que o ritmo de crescimento populacional urbano começou a diminuir a partir de 1980, os problemas urbanos não desapareceram nas últimas décadas, e, apesar das menores taxas de crescimento, as cidades continuam se desenvolvendo. Entretanto, novos levantamentos sugerem a tendência dos últimos anos de redução da concentração da população nas cidades centrais e metropolitanas juntamente com um significativo aumento do tamanho das cidades de pequeno e médio porte (SWP, 2007).

As mega-cidades somam hoje 4% da população mundial e 9% da população urbana; contudo, percebe-se que muitas delas – Buenos Aires, Calcutá, Cidade do México, São Paulo e Seul – vem apresentando um crescimento populacional baixo. Das 20 cidades com mais de 10 milhões de habitantes atualmente, somente 6 cresceram com taxas consistentes maiores

que 3% nos últimos 30 anos. As outras experimentaram crescimentos moderados ou lentos. Nos próximos 10 anos, somente Daca e Lagos possuem taxas esperadas acima de 3% ao ano. Seis outras irão crescer com uma taxa abaixo de 1%. Em contrapartida, verificam-se nos núcleos regionais, com cidades entre 100 e 500 mil habitantes, os quais somam 52% da população urbana mundial, uma taxa de crescimento anual de até 4,8% (SWP, 2007).

Como resultado desse processo, temos a emergência de um cenário mundial onde as mega-cidades aumentam lentamente sua fatia de participação na população urbana, mas são as menores cidades que crescem de forma acelerada e estabelecem sua predominância no quadro geral (Figura 2.3).

O problema reside no fato de que este crescimento se acelera exatamente nas cidades que possuem as maiores deficiências de gestão urbana, onde a carência de recursos para responder a esta magnitude de mudanças é imperativa. Dessa forma, todos os processos inadequados de urbanização observados nas regiões metropolitanas são reproduzidos nestas cidades.

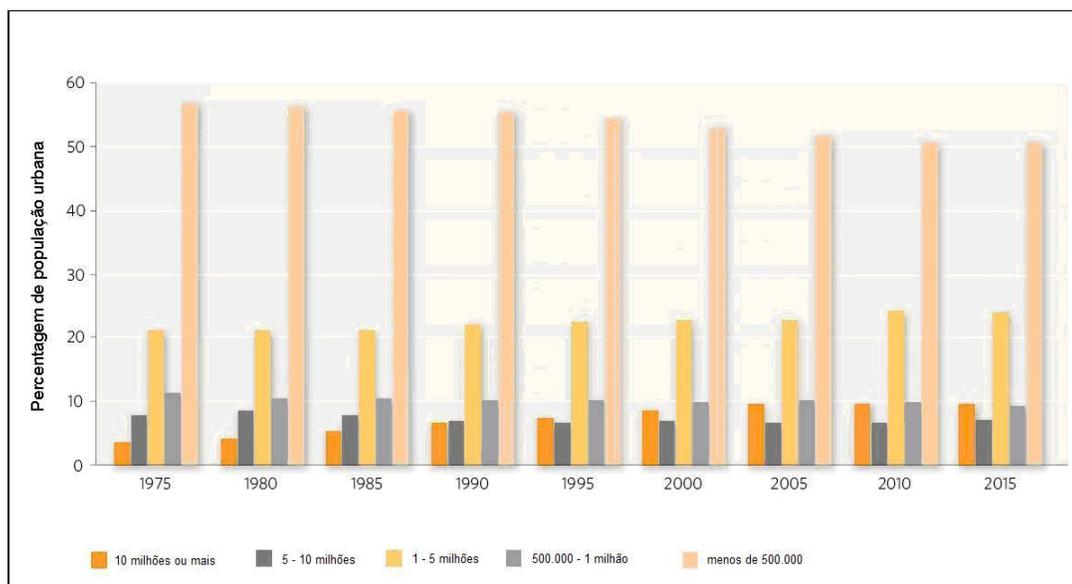


Figura 2.3 – População Urbana, segundo tamanho do assentamento, 1975 – 2015. Fonte: SWP, 2007.

No específico caso brasileiro, os níveis de urbanização aferidos ao longo do século XX ratificam um processo de explosão urbana coadunado com problemas de ordem social, econômica e ambiental. Se em 1940 a população urbana no Brasil era de apenas 31% do total,

em 1980 ela já era de 68%, chegando a 81% no ano 2000. Em dez anos, de 1970 a 1980, as cidades com mais de um milhão de habitantes dobraram, passando de cinco para dez (Maricato, 1996). Essa transformação mostra-se ainda mais dramática em números absolutos do crescimento populacional urbano do país como um todo: entre 1960 e 1996 a população urbana no Brasil aumentou de 31 milhões para 137 milhões; ou seja, em menos de 40 anos as cidades brasileiras receberam mais de 100 milhões de novos habitantes (IPEA, 2002). A Figura 2.4 ilustra o crescimento da população urbana brasileira entre 1900 e 2000.

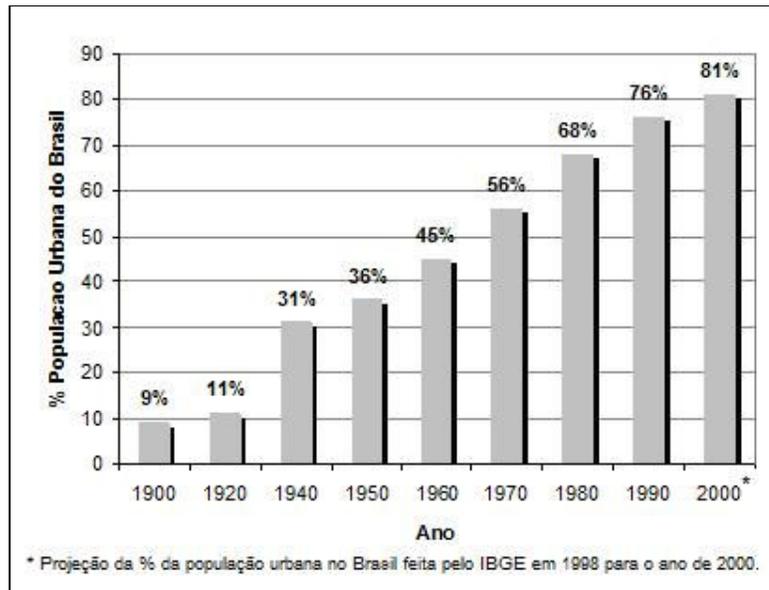


Figura 2.4 – Crescimento da população urbana no Brasil. Fonte: IBGE, 1998.

Neste contexto de inflação populacional e inadequada gestão do território urbano, os problemas habitacionais tornam-se evidentes, senão básicos. Estes problemas são muitos e incluem como regra: a segregação espacial da população pobre em assentamentos informais, a carência de moradias, a escassez de serviços de infra-estrutura urbana, dificuldades de acesso às oportunidades de emprego produtivo e a ocupação de áreas de risco ou legalmente protegidas. Sua materialização denota a ineficácia do Poder Público no enfrentamento de questões relacionadas ao acesso à moradia. Dessa forma, como resposta a esta postura negligente, vigora nas cidades brasileiras uma realidade habitacional marcada, essencialmente, pela carência e precariedade (Figura 2.5).



Figura 2.5 – Precariedade habitacional. Fonte: SWP, 2007.

Segundo o estudo *Déficit Habitacional no Brasil 2007*, desenvolvido pela Fundação João Pinheiro, o déficit quantitativo estimado em 2007 é de 6,3 milhões de domicílios, dos quais 5,2 milhões, ou 83%, estão em áreas urbanas e 1,1 milhões, ou 17%, estão localizados nas áreas rurais (FJP, 2007).

O déficit qualitativo é outro problema a ser enfrentado. É expressivo o número de unidades habitacionais urbanas com algum tipo de carência de padrão construtivo, situação fundiária, acesso a serviços e equipamentos urbanos, entre outros. A ausência de infraestrutura urbana e saneamento ambiental é um grave problema e envolve 10,2 milhões de moradias, ou seja, 32% do total de domicílios urbanos duráveis do país.

As estimativas do déficit quantitativo e qualitativo no Brasil, em 2007, por regiões, são verificadas nas tabelas 2.2 e 2.3.

Tabela 2.2 – Déficit habitacional e percentual em relação aos domicílios particulares permanentes, segundo regiões geográficas - BRASIL – 2007.

REGIÕES \ ESPECIFICAÇÃO	DÉFICIT HABITACIONAL		% DOMICÍLIOS PERMANENTES	
	TOTAL	URBANA	TOTAL	URBANA
Norte	652.684	487.357	16,7	16,2
Nordeste	2.144.384	1.461.669	15	13,9
Sudeste	2.335.415	2.222.957	9,3	9,5
Sul	703.167	617.333	7,9	8,3
Centro-Oeste	436.995	390.447	10,5	10,8
Brasil	6.272.645	5.179.763	11,1	10,8

Fonte: IBGE / Pnad, 2007.

Tabela 2.3 – Critérios de inadequação dos domicílios urbanos duráveis, segundo regiões geográficas BRASIL – 2007.

REGIÕES \ CRITÉRIOS DE INADEQUAÇÃO	INADEQUAÇÃO FUNDIÁRIA	DOMICÍLIO SEM BANHEIRO	CARÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA	ADENSAMENTO EXCESSIVO	COBERTURA INADEQUADA
Norte	85.199	194.648	1.650.281	208.435	103.049
Nordeste	400.694	424.741	3.658.276	347.054	42.875
Sudeste	962.349	156.226	2.059.998	741.035	161.131
Sul	365.855	93.361	1.311.034	117.792	201.877
Centro-Oeste	65.810	59.801	1.775.358	86.393	34.134
Brasil	1.879.907	928.777	10.454.947	1.500.709	543.066

Fonte: IBGE / Pnad, 2007.

No escopo do déficit qualitativo, uma vasta nomenclatura tem sido utilizada quando se deseja fazer referência às situações de áreas ocupadas irregularmente, seja do ponto de vista jurídico, seja do ponto de vista urbanístico, e que apresentem deficiências de infraestrutura e de acessibilidade. A título de padronização, tem-se adotado o termo “assentamentos precários”.

Segundo a ONU, assentamento precário é caracterizado pelas condições inadequadas de habitação e/ou serviços básicos. Ele é freqüentemente não reconhecido/considerado pelo poder público como parte integral da cidade. São cinco componentes que refletem as condições que caracterizam os assentamentos precários: status residencial inseguro; acesso inadequado à água potável; acesso inadequado a saneamento e infraestrutura em geral; baixa qualidade estrutural dos domicílios; e adensamento excessivo. Em um assentamento precário os domicílios devem atender pelo menos uma das cinco condições acima (SWP, 2007).

Dessa forma, podemos enquadrar o conceito de “precariedade” que, nesta pesquisa, denominar-se-á “precariedade habitacional”, dentro da formulação das necessidades habitacionais proposta pela Fundação João Pinheiro e das definições da ONU, quando esse tratar de uma situação caracterizada fundamentalmente pela inadequação das moradias, em termos fundiários e de infraestrutura.

O estabelecimento deste parâmetro conceitual é salientado posto que no âmbito desta pesquisa se objetiva a identificação de áreas concentradoras de precariedade habitacional e classificação em níveis, através da formulação de uma metodologia que possibilite seu mapeamento e hierarquia.

2.3 Política habitacional e urbana no Brasil atual

A Constituição Federal de 1988 pode ser considerada um marco para o planejamento urbano do Brasil. Pela primeira vez na história, a Constituição incluía um capítulo específico

para a política urbana, onde se previa uma série de instrumentos para a garantia da função social da cidade e da democratização da gestão urbana.

No entanto, o texto constitucional requeria uma legislação específica de abrangência nacional. A título de contemplar essa lacuna normativa, iniciou-se a redação de um projeto de lei complementar ao capítulo de política urbana da Constituição.

Após mais de uma década de discussões e elaborações, no dia 10 de julho de 2001 foi aprovada a Lei federal nº 10.257, denominada “Estatuto da Cidade” (Brasil, 2001), a qual regulamentava o capítulo original sobre política urbana aprovado pela Constituição Federal de 1988 (artigos 182 e 183). Tal lei veio com o intuito de prestar suporte jurídico mais consistente às estratégias e aos processos de planejamento urbano e, sobretudo, à ação de governos municipais que se empenham no enfrentamento da problemática urbana, tanto a nível social quanto ambiental.

O surgimento do Estatuto da Cidade, cujas atribuições e medidas visam a gestão e o planejamento equitativo e sustentável das cidades, encontra-se inserido no domínio de uma proclamada *reforma urbana* (Maricato, 1988; Santos Júnior, 1995), viés e condição indispensável, urgente e inadiável para o equilíbrio entre o sistema construído e o natural.

Já em sua declaração de princípios gerais, parte mais genérica do documento, fica estabelecido como primeira diretriz geral do Estatuto a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações (Brasil, 2001).

Tal abordagem, calcada nos direitos básicos do ser humano e tendo como alicerce a sustentabilidade urbana, tem trazido uma série de alterações paradigmáticas, dentre as quais salienta-se o tratamento do problema habitacional brasileiro.

É notório o quanto as desigualdades sociais e a concentração de renda, características da sociedade brasileira, se manifestam fisicamente nos espaços segregados das nossas cidades (Figura 2.6). Nelas, as carências habitacionais constituem, talvez, o maior problema. A saber, a falta de moradia digna para população mais carente, responde por 92% do déficit habitacional brasileiro. Em todo o Brasil, são mais de 7 milhões de famílias que precisam de moradias novas, além de 10 milhões de domicílios com problemas de infra-estrutura básica (FJP, 2007).

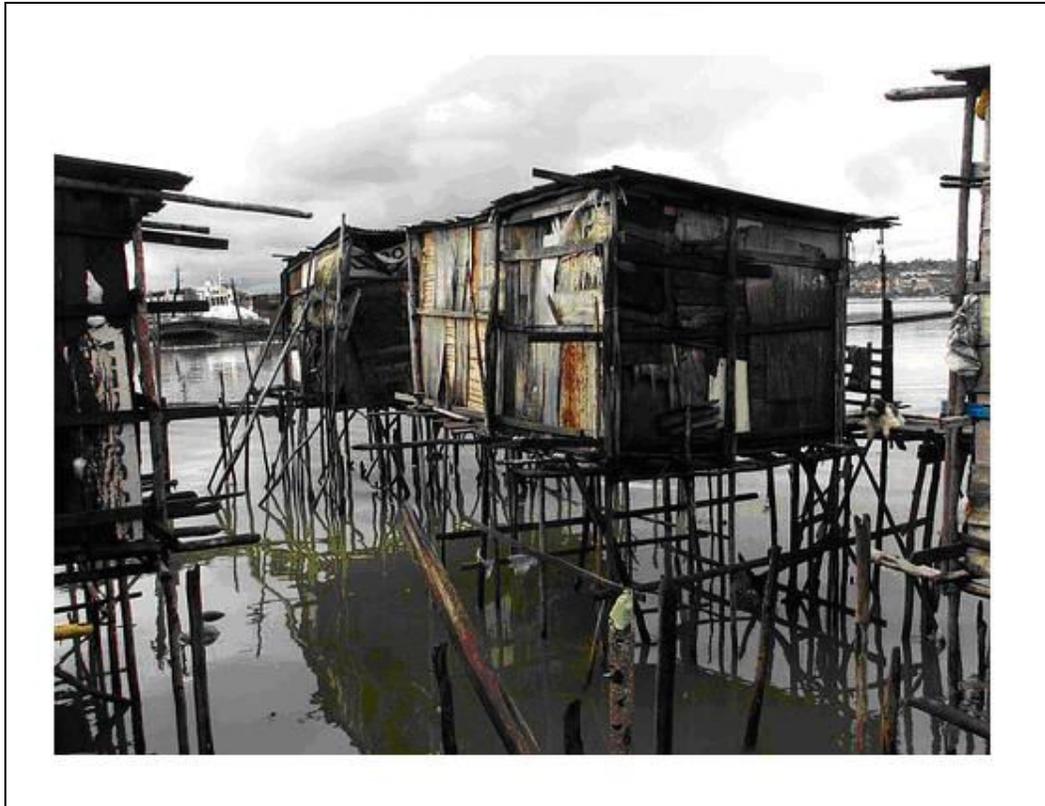


Figura 2.6 – Materialização do problema habitacional. Fonte: UNHABITAT, 2009.

Para enfrentar essa situação, torna-se imprescindível o estabelecimento de políticas governamentais que busquem a reversão do quadro habitacional existente na grande maioria dos municípios brasileiros, propondo soluções para as situações consolidadas e adotando mecanismos para impedir que essas situações continuem acontecendo.

Coerente com a Constituição Federal e com o Estatuto da Cidade, elementos normativos que fornecem as diretrizes para a política urbana do país, nos níveis federal, estadual e municipal, a Política Nacional de Habitação – PNH, surge neste contexto com o intuito de promover as condições de acesso à moradia digna a todos os segmentos da população, especialmente o de baixa renda (Ministério das Cidades, 2006).

A Política Nacional de Habitação, regida pelos princípios do direito à moradia, enquanto um direito humano, individual e coletivo e vetor de inclusão social; da função social da propriedade urbana; da questão habitacional como uma política de Estado; da gestão democrática com participação dos diferentes segmentos da sociedade e da articulação das ações de habitação à política urbana, objetiva universalizar o acesso à terra urbanizada,

promovendo a urbanização, regularização e inserção dos assentamentos precários à cidade, fortalecendo o papel do Estado na gestão da política urbana, bem como tornando a questão habitacional uma prioridade nacional.

A necessidade de construção de uma política habitacional com foco na integração urbana de assentamentos precários, especialmente na garantia do acesso ao saneamento básico, à regularização fundiária e à moradia adequada, articulada a outras políticas sociais e de desenvolvimento econômico, é essencial na implementação de qualquer estratégia de combate à pobreza e perspectiva de sustentabilidade urbana.

Para tanto, a PNH conta com um conjunto de instrumentos, pelos quais viabiliza sua execução. Dentre eles, ressalta-se o Sistema de Informação, Avaliação e Monitoramento da Habitação – SIMAHAB e o Sistema Nacional de Habitação – SNH (Ministério das Cidades, 2008).

O Sistema de Informação, Avaliação e Monitoramento da Habitação constitui instrumento estratégico para garantir um processo permanente de revisão e redirecionamento da política habitacional e de seus programas. Tal sistema prevê o desenvolvimento de uma base de informações, o monitoramento e a avaliação permanente dos projetos e programas da Política Nacional de Habitação, de forma articulada aos demais aspectos da Política de Desenvolvimento Urbano. Para sua viabilização torna-se fundamental a busca por mecanismos de cooperação com instituições técnicas de pesquisa que tratam da apuração e análise de dados relativos ao setor habitacional.

Por sua vez, o SNH, principal instrumento da PNH, estabelece as bases do desenho institucional; prevê a integração entre os três níveis de governo com os agentes públicos e privados envolvidos com a questão; e define as regras que asseguram a articulação financeira necessária à implementação da PNH. O SNH inclui ainda a criação de dois subsistemas: o de Habitação de Interesse Social e o de Habitação de Mercado.

No tocante à Habitação de Interesse Social, é imprescindível o relato da sanção, no dia 16 de junho de 2005, da Lei Federal nº 11.124, a qual institui o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, assim como o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS. Como consta na redação do PLHIS de Canela, premissa dessa investigação, a partir de então, o SNHIS passou a centralizar programas e projetos destinados à habitação de interesse social e o FNHIS a gerenciar os recursos e instrumentar as políticas públicas deste setor (Turkienicz, B et al, 2008). A partir, então, desta Lei, o Governo Federal demonstra,

claramente, uma postura de estímulo e mobilização para que Estados e Municípios, de forma participativa, elaborem e regulamentem seus instrumentos de planejamento e gestão na área habitacional. Exemplos desta articulação são demonstrados pela Figura 2.7.



Figura 2.7 – Urbanização de assentamentos precários. Fonte: DEMHAB / PMPOA.

No entanto, para alicerçar as estratégias públicas que lidam com a questão habitacional, uma adequada avaliação deste problema deve ser realizada. Sabidamente, a mensuração do déficit habitacional somente pode ser feita de forma indireta, dada a multiplicidade de variáveis envolvidas no computo geral, o que acaba por resultar em divergências entre métodos de quantificação adotados e suas respectivas estimativas (IPEA, 1998).

Como consta na Etapa 2 do PHLIS da Canela, focada no diagnóstico e avaliação da necessidade habitacional e na mensuração do déficit e inadequação habitacional atual brasileiro, as tentativas no dimensionamento do acréscimo necessário para superar o déficit de habitações têm resultado em números que vão desde 4 milhões até 20 milhões de unidades, conforme os critérios adotados. Muito mais do que dúvidas sobre a dimensão absoluta do déficit, tal diversidade dificulta enormemente seu monitoramento ao longo do tempo, bem

como o mapeamento de sua distribuição espacial. Em consequência, fica prejudicada tanto a avaliação da efetividade das políticas públicas voltadas ao combate do problema, como o dimensionamento do mercado para unidades habitacionais no país como um todo e em suas diversas regiões (Turkienicz, B et al, 2008).

Com o intuito de minimizar tal situação, em 1995 a Fundação João Pinheiro (FJP, 1995) desenvolveu uma metodologia com o objetivo de realizar o levantamento e acompanhamento temporal da necessidade habitacional para as populações de baixa renda no Brasil, procedendo a uma estimativa a partir de componentes menos sujeitos a distorções relacionadas à heterogeneidade das condições socioeconômicas. Essa metodologia, mantendo sua estrutura básica, vem sofrendo correções visando ajustá-la, sem perder as possibilidades de comparação temporal (FJP, 2006). O trabalho alcançou ampla divulgação e se tornou referência nacional fazendo com que a maioria dos estudos desenvolvidos no Brasil sobre dimensionamento das necessidades habitacionais envolva a aplicação ou adaptações do método da Fundação João Pinheiro (Turkienicz, B et al, 2008).

O conceito de *necessidade habitacional* usado pela Fundação João Pinheiro abrange duas dimensões: (i) a do déficit habitacional e (ii) a da inadequação habitacional. O déficit habitacional corresponde à necessidade de reposição total de unidades precárias e ao atendimento à demanda não resolvida nas condições dadas de mercado. A inadequação habitacional, por sua vez, refere-se às unidades habitacionais que não proporcionam condições desejáveis de habitabilidade, o que não implica, contudo, em necessidade de construção de novas unidades. Como inadequados são classificados os domicílios com carência de infra-estrutura, com adensamento excessivo de moradores, com problemas de natureza fundiária, cobertura inadequada, sem unidade sanitária domiciliar exclusiva ou em alto grau de depreciação (FJP, 2007 apud Turkienicz, B et al, 2008).

Contudo, deve-se frisar que o estudo desenvolvido pela FJP, muito embora tenha se tornado um modelo de estimativa dos problemas habitacionais brasileiros, apresenta algumas limitações, que merecem aprimoramentos (FJP, 2007).

As unidades habitacionais construídas em áreas de risco, por exemplo, constituem uma dimensão que não foi trabalhada. Mesmo que se enquadrem teoricamente na condição de déficit habitacional, posto que exige remoção, é preciso repensar este problema a partir de outras dimensões, tais como o custeio de grandes obras de infraestrutura e o estímulo a pesquisas e projetos que possibilitem a construção de casas populares resistentes e de baixo custo.

Outro ponto limitante diz respeito às fontes e a periodicidade dos dados disponíveis, as quais condicionam e restringem os conceitos utilizados, contribuindo para o surgimento de problemas de espacialização de estimativas e periodicidade.

Os dados fornecidos pela FJP, por exemplo, estão agregados por município e baseiam-se em dados do Censo demográfico e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD. Este último, por sua vez, possui uma periodicidade trimestral, a qual destoa da periodicidade decenal do Censo demográfico. Tal descompasso temporal estabelece um fator que dificulta a atualização dos dados coletados, como também os resultados obtidos.

No tocante à espacialização, dada a dificuldade de trabalhar as questões em nível municipal, posto que as informações necessárias aos cálculos são disponibilizadas numa periodicidade de 10 (dez) anos, quando da divulgação dos resultados dos censos demográficos, percebe-se que os esforços são direcionados para a mensuração dos problemas do setor nas unidades da Federação e algumas regiões metropolitanas. Ademais, por estar baseada em informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE (PNAD), o estudo agrega os dados geograficamente por município, impossibilitando a identificação da distribuição espacial das necessidades habitacionais na escala intra-urbana.

É importante salientar que tais aspectos, ainda não incorporados ao cálculo das necessidades habitacionais, não subestimam os avanços metodológicos alcançados ao longo de toda a série de estudos sobre esta questão, mas permitem a proposição de novas abordagens metodológicas que visem aprimorar o conhecimento desta área.

Sendo o estudo da Fundação João Pinheiro de grande relevância para o planejamento habitacional, consonante com a Política Nacional de Habitação e com o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, a sugestão de uma avaliação em escala intra-urbana que correlacione inadequação e precariedade habitacionais com aspectos morfológicos do tecido urbano, tema desta pesquisa, sugere um aperfeiçoamento plausível.

Em um estudo de nível regional, por exemplo, a agregação por município é adequada. Podendo servir para que um governo nacional ou estadual identifique regiões com níveis mais significativos de demanda habitacional, usando tal estudo para direcionar de forma mais efetiva o recursos financeiros disponíveis para estas regiões. Entretanto, a implementação de programas habitacionais dá-se efetivamente em nível local, municipal. Sendo este o conteúdo do termo de referência do PHLIS, isto ocorre através da produção de novas moradias, especialmente conjuntos habitacionais populares, e da implantação de melhorias infra-estruturais. Nesta escala, é importante que um município não tenha apenas números gerais

caracterizadores de seus problemas habitacionais, mas também indicativos de como estes problemas se distribuem no espaço: onde estão as região mais precárias, onde existe urbanização carecendo de infra-estruturas, onde estão os bairros de mais alta renda, onde estão as infraestruturas disponíveis que podem ser extendidas, onde estão as áreas sujeitas a riscos ambientais, onde são as áreas que favorecem usos não residenciais, segundo o zoneamento urbanos, onde estão os solos com maior valor de mercado etc.

Ademais, se aliada a novas formas de entendimento dos sistemas urbanos, as quais percebem as cidades enquanto sistemas auto-organizáveis e de dinâmica complexa, tópicos a serem analisados nas próximas seções, é possível que tal arcabouço jurídico e normativo contemple de maneira efetiva e pró-ativa as necessidades habitacionais do país, possibilitando ações governamentais mais efetivas e aproximadas da realidade.

2.4 A dinâmica urbana e a cidade como um fractal

O espaço intra-urbano pode ser compreendido como um sistema composto por objetos que, apesar de complexo, apresenta certa lógica ou estrutura e uma coerente relação entre os diversos elementos que o compõem (Barros Filho, 2007). Esses elementos podem ser distinguidos em físicos e sociais. Os primeiros constituem o ambiente natural (não-construído) e artificial (construído) do espaço intra-urbano. O segundo são as pessoas que ocupam esse espaço. Os elementos físicos e sociais da estrutura intra-urbana estão intrinsecamente inter-relacionados. Pessoas (individualmente ou em grupo) produzem e modificam o ambiente, assim como o ambiente condiciona e modifica o comportamento (ações) das pessoas.

A análise, compreensão ou descrição da complexa estrutura intra-urbana requer a construção de um modelo, uma simplificação da mesma, de modo que apenas seus elementos e relações julgados mais relevantes sejam representados, ou seja, requer a escolha e manipulação de escalas, recortes espaciais e temporais que definem o limite de observação ou de representação dessa estrutura e afetam suas análises e compreensões subsequentes.

Concepções baseadas no chamado *paradigma do equilíbrio* (Farrel, 1985) projetavam tendências e construíam simulações urbanas alinhadas de forma linear, tomando a cidade como um sistema equilibrado, eventualmente perturbado por externalidades e que retornava ao equilíbrio após um processo de absorção daqueles estímulos. Noutro caminho, a dinâmica espacial urbana tem sido tratada, desde o fim da década de 70 (Tobler, 1979) e,

principalmente, a partir do final dos anos 80 (Coucelis 1989), por modelos ancorados no conceito de autômatos celulares (Batty et al., 1997).

Muito embora as propostas iniciais para a utilização de autômatos celulares em modelagem urbana tenham enfatizado o seu uso pedagógico para a demonstração de como padrões globais emergem de ações locais, um número crescente de modelos tem sido desenvolvido visando a outros tipos de experimentações, tais como parâmetros fractais, teoria do caos, auto-organização etc (White, 1985; Batty e Longley, 1994; White e Engelen, 1993; Portugali et al., 1997).

Desde então, tais modelos passaram a ser extensivamente aplicados para estudos de dinâmicas urbanas de um modo distinto, sendo agora os sistemas urbanos preferencialmente considerados como de natureza dinâmica e fora do equilíbrio, ou seja, instáveis e apresentando mudanças permanentes (Allen, 1997).

Fato é que o estudo da dinâmica urbana deve considerar novos métodos investigativos, os quais venham a corroborar para um melhor entendimento das cidades e de seus mecanismos de crescimento, avaliando tanto sua estrutura morfológica quanto sua relação com aspectos sócio-econômicos. Destes, a presente investigação salienta o uso de conceitos da geometria fractal, os quais têm apresentado bons resultados no tocante à análise dos padrões espaciais urbanos.

Desde o lançamento do livro “The fractal geometry of nature” (Mandelbrot, 1983), a geometria fractal tem se tornado uma importante ferramenta de análise e proposição em inúmeros campos do conhecimento humano (Hott et al., 2005). Pelo fato de apresentar como resultado construções geométricas, onde formas simples geram entes geométricos complexos, a geometria fractal representa e descreve fenômenos da natureza, tais como nuvens, costas geográficas e a morfologia urbana, cujos quais a geometria euclidiana tem dificuldade em descrever (Martins e Librantz, 2006).

A lógica por detrás dos fractais e de sua geometria pode ser resumida pela sentença de seu próprio criador – Benoit Mandelbrot – quando este diz de forma sucinta que “um fractal é uma forma composta de partes que, de algum modo, são semelhantes ao todo” (Mandelbrot, 1983). Evidentemente, têm sido propostas várias outras definições e, de fato, está-se diante de um conceito geométrico para o qual ainda não existe uma definição precisa, nem uma teoria única e genericamente aceita.

No tocante a essa dissertação, é imperativa a definição de duas medidas de complexidade que estão inseridas na geometria dos fractais: Dimensão Fractal – D e Lacunaridade – L, posto que tais variáveis serão utilizadas no modelo metodológico proposto. Cabe salientar que tais variáveis serão analisadas de forma pormenorizada no próximo capítulo, referente à metodologia, ficando a cargo do presente sub-item, apenas suas definições conceituais e matemáticas.

Dentre os diversos conceitos existentes para se definir uma D, utilizaremos o conceito estabelecido por Mandelbrot (1983), o qual estabelece que Dimensão Fractal representa “o quanto um objeto ou conjunto de objetos pode ocupar o espaço em que está inserido”. Sua representação matemática se dá pela Equação 2.1.

$$D = -\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(N_r(A))}{\ln(r)} \quad \text{Equação 2.1}$$

Por sua vez, o conceito de Lacunaridade introduzido por Mandelbrot (1983), a estabelece como “uma medida que se relaciona à distribuição e ao tamanho de espaços vazios em uma estrutura fractal”. Sua representação matemática se dá por um processo denominado *Gliding Box Algorithm*, o qual estuda as variações da função de distribuição de espaços ocupados ao longo de imagens binárias (Equação 2.2).

$$L(r) = 1 + (Var(N)/E^2(N)) \quad \text{Equação 2.2}$$

Segundo Hayles (1990), percebe-se que, atualmente, dentre suas múltiplas aplicações, os fractais também têm sido utilizados no estabelecimento de critérios para planejamento urbano. Pesquisadores como Batty e Longley (1994), demonstraram, através de simulações de fractais matemáticos, que as cidades e as urbanizações, em geral, apresentam características, tais quais: não-homogeneidade, fragmentação e organização hierárquica interna, as quais podem ser explicadas cientificamente pela geometria fractal (Figura 2.8).

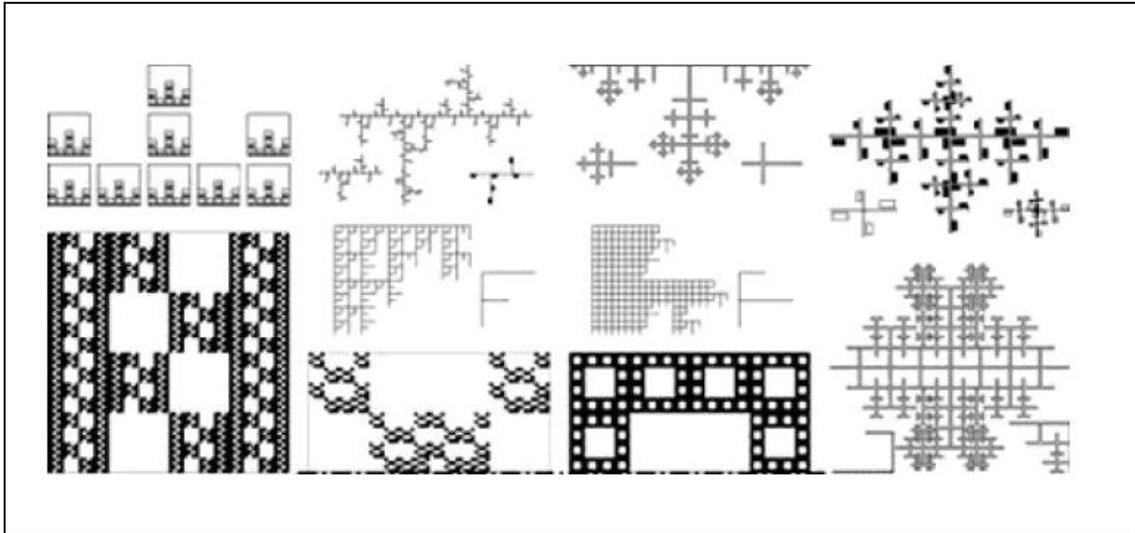


Figura 2.8 – Simulações de fractais matemáticos para planejamento de ruas e distribuição, localização e dimensionamento de imóveis (Batty; Longley, 1994).

Ademais, os mesmos pesquisadores fizeram uso, em escala urbana, de estudos comparativos entre crescimento fractal e modelos de crescimento urbano (Figura 2.9).

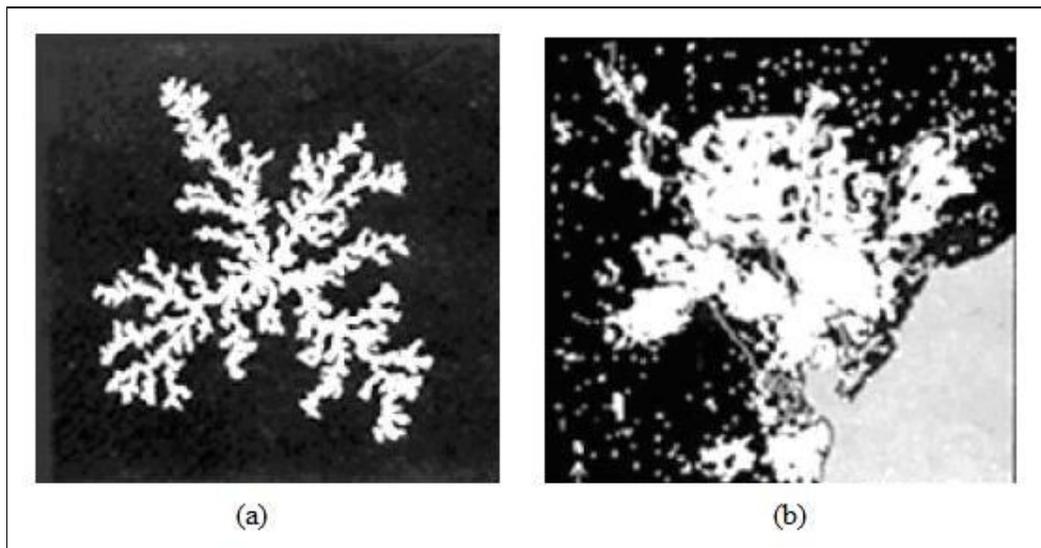


Figura 2.9 – Simulação elaborada com modelos fractais (a) e uma cidade “real”, Cardiff (b) (Batty; Longley, 1994).

Em razão da relevância que a geometria fractal está adquirindo no cenário científico, ao demonstrar sua aplicabilidade para elaboração de análises e proposições nas áreas de planejamento urbano e regional, percebe-se a necessidade de desenvolvimento de projetos de pesquisa que objetivem o estudo de instrumentos propositivos e analíticos, baseados em conceitos de geometria fractal, por intermédio de *softwares*, para estudos de padrões urbanos fractais. Dessa maneira, as medidas fractais podem contribuir para a organização de critérios metodológicos voltados à realização de planos urbanísticos que utilizem, na sua concepção, a lógica fractal.

2.5 A geometria dos assentamentos urbanos precários e o uso de geotecnologias

A formação de assentamentos informais e precários dentro do tecido urbano e sua estrutura espacial tem sido um dos enfoques de pesquisas científicas no campo do urbanismo nos últimos dez anos, tendo em vista seu papel na formação das cidades de países de terceiro mundo e os diversos problemas urbanos concentrados em tais localidades. Essa abordagem, segundo Barros (2004), vem a complementar o enfoque predominantemente sociológico e político dado no tratamento das questões relativas à pobreza urbana e suas manifestações.

Sobreira e Gomes (2001) estudaram a morfologia de assentamentos informais no Brasil e no Quênia. Os autores demonstraram que os assentamentos investigados não podem ser considerados “desordenados”, mas podem ser definidos como “estruturas complexas” e acrescentam, ao inferir que tal complexidade, por sua vez, pode ser mensurada através de padrões espaciais, os quais descrevem a irregularidade de suas configurações espaciais. Tendo utilizado dados de 9 favelas distribuídas em diferentes áreas da região metropolitana de Recife e as comparado com 2 assentamentos espontaneamente desenvolvidos e situados em Nairobi, a investigação sugere que tais tipos de urbanização possuem um padrão configuracional bastante robusto e semelhante. Ademais, conclui que tais morfologias urbanas podem ser melhor analisadas e representadas através de suas propriedades estatísticas em diferentes escalas, o que sugere uma aproximação de análise, segundo critérios estabelecidos pela geometria fractal.

Outros dois estudos, de Barros Filho e Sobreira (2005) e Alves Junior e Barros Filho (2005), investigaram também a textura de assentamentos urbanos precários. Nestes dois casos de estudo foram desenvolvidos testes de obtenção de dados da morfologia urbana através de imagens de satélites com diferentes resoluções espaciais em Sistemas de Informações Geográficas. O primeiro estudo processou análises espaciais segundo dois parâmetros da

geometria fractal, Dimensão Fractal e Lacunaridade, sendo que o segundo estudo apenas utilizou, em suas análises, o parâmetro Lacunaridade. Mesmo assim, seus resultados preliminares convergem para a existência de uma “ordem escondida” por detrás da aparente “desordem” das formações espontâneas urbanas. Salienta-se que tal “ordem” é estabelecida a partir de seus parâmetros de configuração espacial. Tal indicativo, por sua vez, sugere que o tecido urbano possui uma natureza fractal.

Dando continuidade ao trabalho realizado em 2005, citado anteriormente, Barros Filho (2007), relaciona as medidas fractais de alguns assentamentos precários em Recife com condições de habitabilidade em tais áreas, medida como um índice baseado em dados censitários. Preliminarmente, o autor obtém, para o estudo de caso selecionado, boas correlações entre as medidas de forma e as condições sócio-econômicas urbanas. O autor, em suas conclusões, salienta a importância de tal correlação para o planejamento urbano, identifica a necessidade de aprofundamento de tal investigação, assim como a necessidade de aplicação em outras áreas de estudo.

Um importante estudo relacionado à textura da pobreza urbana foi realizado por Barbedo (2007), onde ratifica que a identificação, quantificação e mapeamento da pobreza permitem compreender como estas assimetrias se processam e acompanhar sua evolução e o impacto de diferentes programas e projetos mitigadores. Neste estudo, a exploração de métodos de análise espacial para a identificação de características físicas de áreas intra-urbanas pobres se dá através de recursos de imagens de satélite. O estudo de Barbedo (2007) conclui sobre a necessidade de se apoiar em critérios urbanísticos objetivos na identificação de áreas prioritárias para a implementação de projetos. Para tanto, a revisão dos principais instrumentos de apoio para o desenvolvimento de políticas urbanas de redução da pobreza, constituem aspectos essenciais, assim como o reconhecimento da importância da interpretação espacial dos fenômenos de pobreza urbana.

Se percebe, dessa maneira, os esforços de pesquisa no entendimento e correlação entre a geometria dos assentamentos precários e sua relação com a precariedade habitacional. Também torna-se notório que tais tipos de urbanização possuem um padrão configuracional bastante robusto e passível de representação multi-escalar, e que a textura de assentamentos urbanos precários utilizando imagens orbitais, geotecnologias e conceitos da geometria fractal, sugerem a existência de uma “ordem escondida” por detrás da aparente “desordem” das formações espontâneas urbanas.

Ademais, é notório, nas últimas décadas, o desenvolvimento e a difusão das geotecnologias para a ampliação das possibilidades de representação e análise da estrutura intra-urbana. Desde a análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial (Souza, Pereira e Kurkdjian, 2003), até o uso de imagens CBERS-2 na análise de padrões morfológicos de habitabilidade intra-urbana (Barros Filho, 2007), percebe-se a eficácia destes instrumentos tecnológicos na investigação de fenômenos urbanos que seriam dificultados, caso não fossem realizados por tais inovações científicas.

Por sua vez, os sistemas de informações geográficas possibilitam a integração e a manipulação de dados provenientes de diversas fontes, em diferentes formatos e escalas. As imagens de sensoriamento remoto alcançam resoluções cada vez maiores. Desenvolvem-se inúmeras técnicas de processamento digital que buscam ampliar a capacidade de detectar, realçar e discriminar objetos em imagens digitais.

Paralelamente à difusão de novas técnicas e modelos de representação de dados, surgem diversos métodos desenvolvidos por diferentes campos disciplinares para análise de dados espaciais em múltiplas escalas, como os métodos de auto-similaridade da geometria fractal.

O uso desses novos instrumentos para análise de configurações espaciais pode oferecer novos “insights” aos problemas de planejamento e entendimento das conexões das formas urbanas e os processos dos quais derivam. Para o caso dos problemas habitacionais urbanos, a análise dos padrões morfológicos urbanos e de sua relação com padrões de qualidade habitacional é muito importante.

O trabalho realizado por Leão e Leão (2007), ao estudar a lógica locacional de assentamentos irregulares em uma cidade da Região Metropolitana de Porto Alegre, fez uso de uma abordagem multi-criterial, estando esta acoplada a um Sistema de Informação Geográfico – SIG. Para tanto, 8 fatores foram utilizados, sendo eles: (I) localização em áreas de alta declividade; (II) proximidade de recursos hídricos; (III) proximidade de vias urbanas; (IV) proximidade de áreas urbanizadas; (V) proximidade de áreas industriais (zoneamento PDDU); (VI) localização em áreas de preservação ambiental; (VII) relação com renda média; e (VIII) relação com densidade demográfica. O resultado final deste estudo estabeleceu um mapa de potencialidade de ocorrência de assentamentos irregulares (Figura 2.10). Mesmo que tal imagem descreva dados de forma exageradamente agregada para a escala urbana, os resultados obtidos, quando confrontados com assentamentos irregulares pré-existent na localidade, se mostraram à semelhança da realidade.

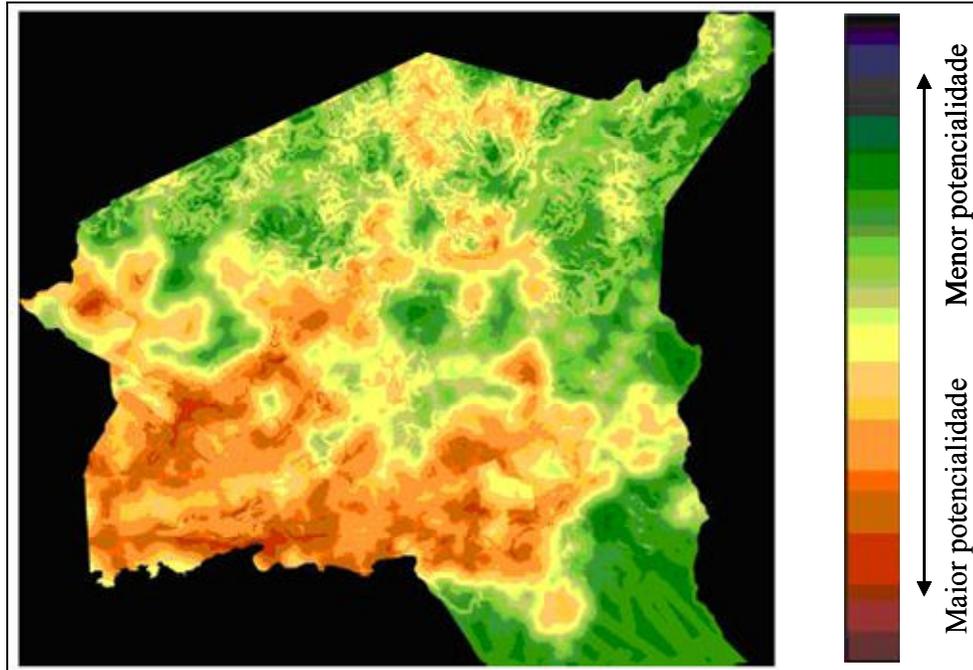


Figura 2.10 – Mapa de potencialidade de ocorrência de assentamentos irregulares no município de Gravataí, resultante da avaliação multicriterial. (Leão e Leão, 2007)

A questão da precariedade habitacional e da criação de instrumentos metodológicos que proporcionem sua análise mais criteriosa e, dessa maneira, sugiram ações corretivas e preventivas, tem sido alvo de investigação, a citar Sobreira e Barros (2004), no estudo da precariedade urbana sob a ótica do sensoriamento remoto. No que diz respeito à precariedade habitacional, tradicionalmente, um problema de países subdesenvolvidos, a produção de metodologias que perscrutem este problema torna-se imperativa.

Há, entretanto, de se notar que todas investigações focaram o mesmo problema em cidades de grande porte, cada qual com milhões de habitantes. Contudo, o surgimento de assentamentos precários não é particular deste universo; pelo contrário, cada vez mais percebemos a emergência de assentamentos subnormais em cidades de menor porte, cuja escala e dinâmica de crescimento são também singulares. Neste ponto, a presente pesquisa se promove a uma ampliação metodológica que perscrute tal textura urbana, promovendo uma análise de mapeamento e hierarquização em cidades onde o problema da precariedade habitacional ainda permita ações corretivas de menor custo e preventivas com menor tempo de resposta.

3.1 Introdução

Este capítulo destina-se a apresentar a abordagem metodológica empregada neste estudo para alcançar os objetivos da pesquisa. Um modelo estatístico é desenvolvido dentro de um sistema de informações geográficas para avaliar o mapeamento do problema de precariedade habitacional urbana.

A seção 3.2 descreve a estrutura geral da metodologia e modelagem de análise, apresentando uma visão panorâmica e encadeada das etapas metodológicas, e indicando a forma de combinação de vários métodos e tecnologias adotados.

A seção 3.3 descreve em detalhes cada etapa da metodologia individualmente, desde a caracterização dos níveis de precariedade habitacional urbana, preparação das bases de dados, construção dos indicadores geográficos, até as análises estatísticas para formulação do modelo, e forma de teste e avaliação do modelo proposto.

3.2 Estrutura geral da metodologia de modelagem e análise

A Figura 3.1 apresenta o esquema da sequência de procedimentos metodológicos que foram adotados para desenvolvimento da pesquisa e alcance dos objetivos desejados. A coluna da esquerda descreve as principais ações da metodologia, enquanto que as colunas à direita, detalham cada ação, descrevendo seus componentes (dados e atividades).

Usando técnicas de geoprocessamento, a metodologia inicialmente mapeia, em um ambiente raster (grade), quatro índices: (i, ii) dois índices morfológicos, o índice de Dimensão Fractal e o índice de Lacunaridade, os quais medem, a caracterização dos diferentes padrões morfológicos urbanos; (iii) um índice de pavimentação, o qual infere, mesmo que de forma indireta, sobre a acessibilidade a infraestruturas urbanas básicas; e (iv) o índice de renda, o qual apresenta a distribuição espacial da concentração de renda no município investigado, focando, especialmente as famílias de baixa renda. Em paralelo, se estabelecem os padrões de condições de moradia na área de estudo, cujos critérios de classificação serão apresentados no

próximo item. Análises estatísticas com amostra representativa desses padrões de condições de moradia e áreas geográficas são utilizadas para avaliar a correlação existente entre condições de moradia e os índices mapeados. Um modelo matemático é produzido a partir da análise estatística das amostras, e posteriormente aplicado a toda a área de estudo. O resultado da metodologia consiste em uma estimativa do nível potencial de precariedade da habitação para cada célula da grade representando a área de estudo, com base nas características morfológicas, infraestruturais e socio-econômicas existentes em cada célula.

Por fim, as estimativas calculadas pelo modelo são comparadas aos dados reais de precariedade dos domicílios na área de estudo, com objetivo de validação do modelo e avaliação de sua capacidade em dar apoio ao planejamento de programas para habitação de interesse social.

A seção 3.3 deste capítulo apresenta em detalhes cada uma das ações metodológicas.

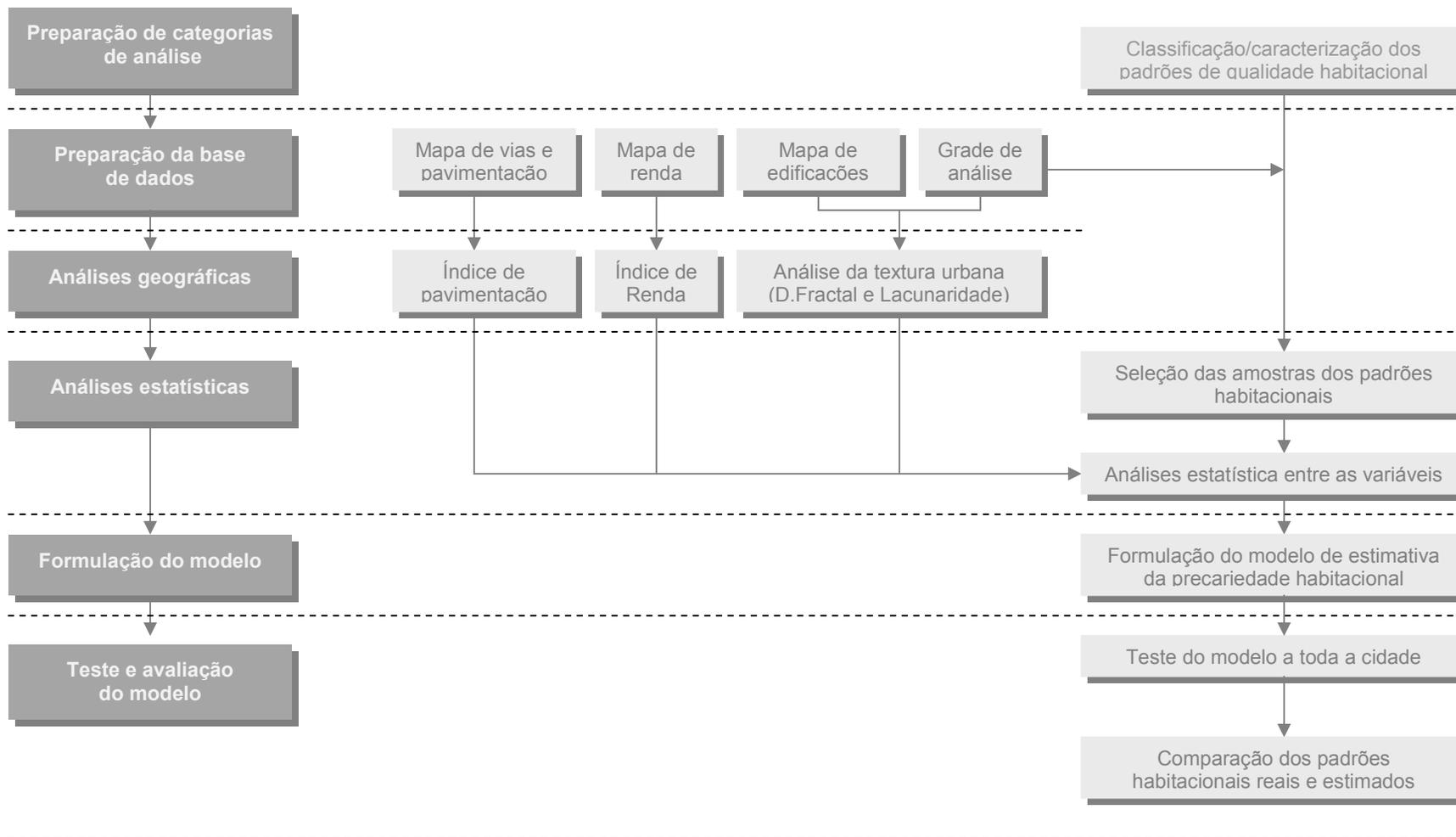


Figura 3.1. Sequência dos procedimentos metodológicos.

3.3 Descrição das etapas metodológicas

3.3.1 Caracterização dos níveis de precariedade habitacional

A metodologia desenvolvida tem o objetivo de mapear o nível de precariedade habitacional de uma dada localidade. Dessa forma, a primeira etapa do processo de modelagem envolve delimitar de forma clara e objetiva a precariedade habitacional. Isto é feito através de categorias que caracterizam padrões de qualidade habitacional e, conseqüentemente, níveis de precariedade habitacional.

Nesse estudo, a descrição dos padrões de qualidade habitacional é baseada em quatro critérios: (i) o tipo e extensão do atendimento por infraestruturas urbanas básicas, tais como abastecimento de água, esgotamento das águas residuárias, drenagem das águas pluviais, pavimentação das vias e energia elétrica; (ii) a regularidade fundiária dos imóveis; (iii) a qualidade estrutural da edificação residencial; e (iv) o tamanho da unidade habitacional em relação ao nível de adensamento familiar. Salienta-se que tais critérios provêm da leitura e análise do PHLIS de Canela.

A Tabela 3.1 apresenta e descreve cinco categorias básicas, A, B, C, D e E, com níveis crescentes de precariedade habitacional, respectivamente. Cada categoria tem sua descrição do padrão de qualidade habitacional em termos do nível de precariedade habitacional, baseada nos 4 critérios supracitados. Leia-se que tal tabela apresenta uma classificação genérica para qualquer cidade, porém, sub-classes podem ser criadas pelo usuário do metodologia de modo a melhor conformá-la a peculiaridades identificadas em uma localidade específica.

Tabela 3.1: Categorias de qualidade habitacional

Categoria	Nível de Precariedade Habitacional (PH)	Descrição (Áreas que possuem:)
A	Inexistente	<ul style="list-style-type: none"> • infra-estrutura urbana básica completa: <p>rede de abastecimento de água em todos domicílios; rede de esgotamento sanitário em todos domicílios; pavimentação de todas vias; drenagem pluvial em todas as vias; energia elétrica em todos domicílios e vias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • regularidade fundiária de todos imóveis; • todas edificações com alta qualidade estrutural; • todas unidades habitacionais com tamanho adequado às famílias;
B	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> • infra-estrutura urbana básica quase completa: <p>rede de abastecimento de água em todos domicílios; uso predominante ou total de fossa séptica, com possibilidade de rede de esgotamento sanitário parcial; pavimentação da maioria das vias; drenagem pluvial na maioria das vias; energia elétrica em todos os domicílios e vias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • regularidade fundiária da maioria dos imóveis; • todas edificações com alta qualidade estrutural; • todas unidades habitacionais com tamanho adequado às famílias;
C	Média	<ul style="list-style-type: none"> • infra-estrutura urbana básica com carências: <p>abastecimento de água na maioria dos domicílios, parcialmente através de rede e parcialmente através de poços; uso de fossa séptica, fossa rudimentar, e em menor proporção de despejo direto das águas residuárias; inexistência de rede de esgoto sanitário; minoria das vias com pavimentação; drenagem pluvial inexistente ou em pequena proporção das vias; energia elétrica na maioria dos domicílios, mas não em todas as vias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • regularidade fundiária da maioria dos imóveis; • maioria das edificações com média ou baixa qualidade estrutural; • maiorias das unidades habitacionais com tamanho adequado às famílias;
D	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • infra-estrutura urbana básica deficiente: <p>abastecimento de água através de poços ou diretamente em recurso hídrico na maioria dos domicílios; uso predominante de fossa rudimentar ou despejo direto das águas residuárias; inexistência de rede de esgoto sanitário; quase todas as vias sem pavimentação; inexistência de drenagem pluvial das vias; energia elétrica com ligação ilegal na maioria dos domicílios, e carência de energia em muitas vias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • irregularidade fundiária da maioria dos imóveis; • maioria das edificações com baixíssima qualidade estrutural; • maiorias das unidades habitacionais com tamanho inadequado às famílias (adensamento);
E	Muito Alta	<ul style="list-style-type: none"> • infra-estrutura urbana básica quase inexistente: <p>abastecimento de água através de poços ou diretamente em recurso hídrico na maioria dos domicílios; uso exclusivo de fossa rudimentar ou despejo direto das águas residuárias; inexistência de rede de esgoto sanitário; totalidade de vias sem pavimentação; inexistência de drenagem pluvial das vias; energia elétrica com ligação ilegal na totalidade dos domicílios, e carência de energia em muitas vias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • irregularidade fundiária na totalidade dos imóveis; • totalidade das edificações com baixíssima qualidade estrutural; • maioria das unidades habitacionais com tamanho inadequado às famílias (adensamento);

3.3.2 Preparação da base de dados

Muito embora o item anterior tenha utilizado uma série de critérios para inferir sobre a precariedade habitacional de maneira genérica, cuja desagregação de dados se aplicaria a qualquer cidade, para esta investigação, conforme a discussão empreendida no capítulo do referencial teórico, fica definida a utilização de critérios infra-estruturais, econômicos e morfológicos para a avaliação da precariedade habitacional urbana.

A metodologia, com o objetivo de resultar em um mapeamento, trabalha com dados geográficos e georeferenciados. Dessa forma, cada um dos critérios necessita de um mapa caracterizador da sua distribuição geográfica na localidade em estudo.

Um ponto a ser ressaltado diz respeito ao critério infra-estrutural, o qual, diferente da classificação anterior, se baseia, apenas, no mapeamento da pavimentação das vias urbanas. A justificativa refere-se ao fato de que, na maioria das vezes, quando uma via está pavimentada, as infra-estruturas de abastecimento de água, rede de esgoto sanitário e drenagem pluvial foram previamente instalados. Dessa forma, as vias pavimentadas podem servir indiretamente como recurso para estimar a carência de infra-estruturas básicas urbanas e este será um pressuposto utilizado nesta pesquisa. A falta de pavimentação pode estar presente em áreas com precariedade habitacional ou em áreas não precárias, mas de urbanização recente.

O critério econômico está baseado no mapeamento da concentração da pobreza urbana. Através dos dados sócio-econômicos do Censo demográfico é possível avaliar a proporção de famílias com renda até três salários mínimos, considerado nível de baixa renda, para cada setor censitário. A justificativa do uso deste critério é a existência de segregação espacial. Normalmente as faixas de renda tendem a se separar no espaço.

O critério morfológico está baseado no mapeamento das edificações urbanas (projeção plana das edificações) e na análise de seu padrão de forma. As áreas de alta renda, tanto no padrão uni-familiar quanto multi-familiar, geralmente são configuradas em unidades residenciais cujas dimensões, seja de área construída ou de tamanho dos lotes, são maiores que aquelas provenientes da classe média. Por fim, o padrão de renda baixa tem a tendência de ter uma maior aglomeração, especialmente em assentamentos espontâneos, com crescimento de pequenas unidades residenciais sem quaisquer padrões de delimitação de lotes ou traçados regulares de vias.

Métodos de análise de textura urbana resultam em medidas espaciais, tais como a Dimensão Fractal e a Lacunaridade, que caracterizam esses diferentes padrões morfológicos urbanos. Para a análise de textura urbana, entretanto, é necessário que a área urbana em estudo seja dividida em unidades espaciais. Dessa forma, além do mapeamento das edificações, é necessário estruturar uma grade de análise, dividindo a área urbanizada em linhas e colunas.

De forma resumida, a base de dados geográficos necessária para o desenvolvimento da metodologia compreende quatro planos de informação: (i) mapa das vias urbanas com atributo do tipo de pavimentação; (ii) mapa dos setores censitários urbanos com atributo da renda familiar; (iii) mapa das edificações urbanas; e (iv) mapa da grade de análise.

3.3.3 Análises geográficas

As análises geográficas compreendem o processo de conversão da base de dados original para um formato que melhor descreva sua relação com a precariedade habitacional. Os atributos são reformulados, gerando novos mapeamentos: (i) Base raster ou grade de análise; (ii) mapa de vias urbanas, em cruzamento com a grade de análise, é convertido em um mapa do Índice de Pavimentação (IP); (iii) o mapa de renda por setor censitário, em cruzamento com a grade de análise, é convertido em um mapa de Índice de Renda (IR); e (iv) o mapa de edificações, em cruzamento com a grade de análise, é convertido em dois mapas, um mapa do índice Dimensão Fractal (D) e outro do índice de Lacunaridade (L). Tanto os índices de Dimensão Fractal como de Lacunaridade são representados pelos próprios valores destas variáveis, os quais são calculados diretamente com o uso do software ImageJ (Rasband, 1997), através de sua extensão FracLac (Karperien, 1999). Essas análises são descritas a seguir.

3.3.3.1 Base Raster ou Grade de Análise

A base raster consiste em uma grade, com células organizadas em linhas e colunas, cobrindo a urbanização na área de estudo (Figura 3.2). Este mapa é produzido em um sistema de informações geográficas, com uma imagem de satélite de alta resolução como figura de fundo. Cada célula recebe um código de identificação (ID).



Figura 3.2 Exemplo de grade de análise

3.3.3.2 Índice de Pavimentação

O Índice de Pavimentação (IP) indica, com um valor entre 0 e 1, a proporção da metragem das vias existentes na célula da grade de análise com pavimentação (paralelepípedo, pedra, bloco de concreto ou asfalto). Quanto maior o IP, maior é a taxa de pavimentação de vias na célula.

A Figura 3.3 ilustra o procedimento de cruzamento dos mapas de pavimentação das vias e grade de análise e de produção do Mapa de IP. Esses procedimentos são desenvolvidos através de sistemas de informações geográficas, que, no caso desta pesquisa, foi o software gvSIG (Anguix e Carrión, 2005).

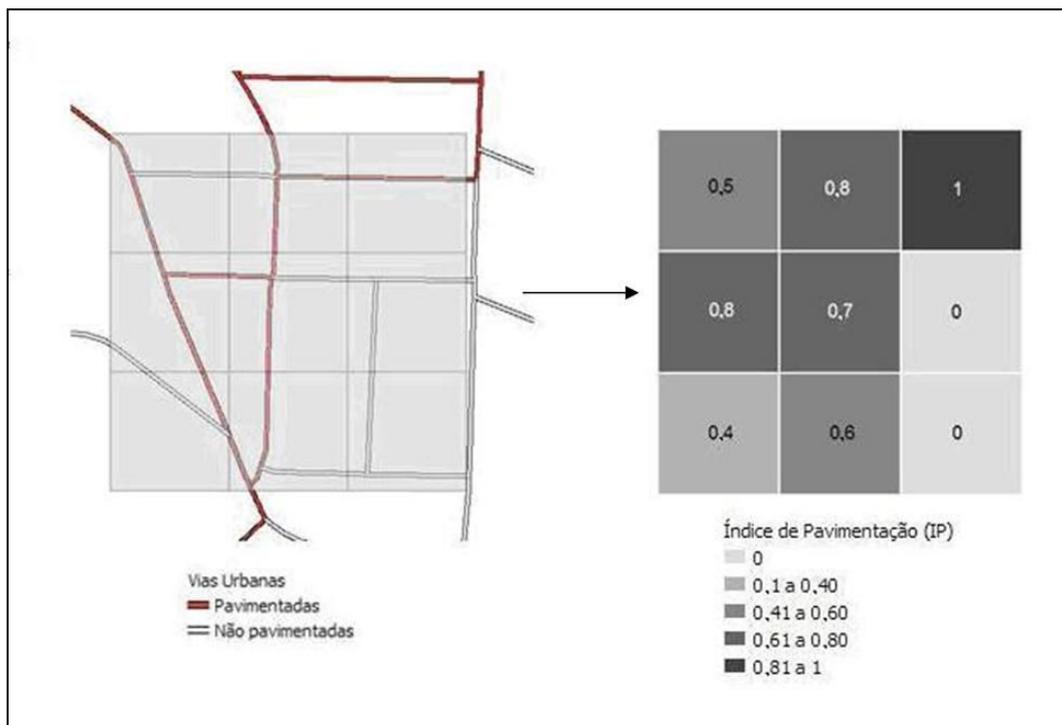


Figura 3.3. Produção do mapa de Índice de Pavimentação (IP)

3.3.3.3 Índice de Renda

O Índice Renda (IR) indica, com um valor de 0 a 1, a proporção de chefes de família com renda até três salários mínimos no setor censitário em que a célula está inserida totalmente ou majoritariamente. Quanto maior o IR, maior a concentração de pobreza na célula.

A Figura 3.4 ilustra o procedimento de cruzamento dos mapas de renda e grade de análise e de produção do Mapa de IR. Esses procedimentos são desenvolvidos através de sistemas de informações geográficas, nesta pesquisa, o software gvSIG (Anguix e Carrión, 2005).

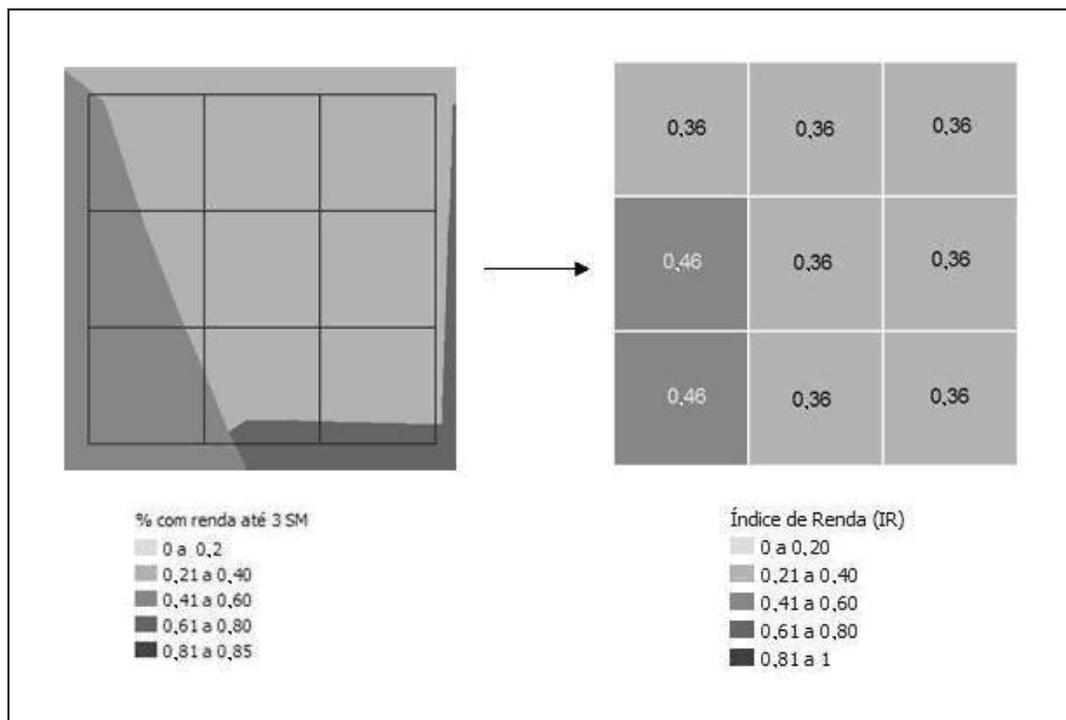


Figura 3.4. Produção do mapa de Índice de Renda (IR)

3.3.3.4 Índices Morfológicos

O critério morfológico é baseado na projeção das edificações urbanas, e na análise do seu padrão espacial. Em pequenas e médias cidades, áreas de alta renda, tanto as tipologias unifamiliares, quanto multi-familiares, usualmente envolvem unidades residências grandes em parcelas/lotês urbanos também de grandes dimensões. Essas cidades normalmente não possuem significativo adensamento urbano. Áreas de renda média, por sua vez, apresentam unidades residenciais e lotês de menor tamanho, quando comparados à alta renda. Seguindo essa tendência, áreas de baixa renda são formadas por unidades residenciais e lotês ainda menores. Em assentamentos informais e espontâneos, os domicílios tendem a ser muito pequenos e precários, sendo muitos deles auto-construídos pelos residentes, e são localizados com pouca ou nenhuma consideração a regulamentações urbanas, muitas vezes nem possuindo delimitação de terreno. Métodos de análise da textura urbana podem auxiliar na diferenciação desses padrões espaciais de ocupação do solo.

A detecção dos diferentes padrões morfológicos na área de estudo foi realizada através da criação de dois índices morfológicos, a Dimensão Fractal (D) e a Lacunaridade (L). A Dimensão Fractal e a Lacunaridade são as principais medidas de complexidade e já foram

testadas em alguns estudos relacionados a padrões morfológicos intra-urbanos (Backes et al., 2007).

Com base nos princípios da geometria fractal, esses dois índices, respectivamente, foram calculados utilizando-se os métodos de “Box-Counting” e “Gliding-Box”. A geometria fractal representa e descreve fenômenos da natureza, incluindo a morfologia urbana, que a geometria tradicional euclidiana é incapaz de descrever. Os padrões urbanos possuem propriedades fractais, tais como não-homogeneidade, fragmentação, rugosidade, organização hierárquica interna, mesmo princípio de distribuição dos elementos em várias escalas (Batty e Longley, 1994).

Devido a sua simplicidade e facilidade de implementação, o BoxCounting é um dos métodos mais conhecidos e utilizados para estimar a Dimensão Fractal de imagens. Sua aplicação consiste em sobrepor uma grade à imagem sob análise (A), e fazer a contagem do número de células não-vazias (N), ou seja, o número de células que apresentam alguma urbanização dentro de sua área. A escala da grade muda progressivamente, reduzindo-se o tamanho das células (tamanho da caixa r), como mostra a Figura 3.5.

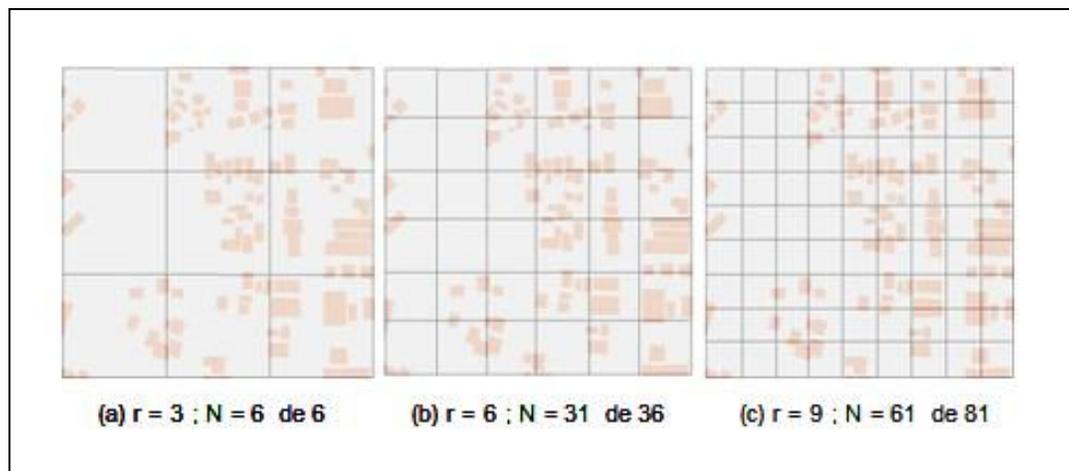


Figura 3.5. Método de Box-Counting

Este procedimento é exemplificado pela Equação 3.1.

$$D = -\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(N_r(A))}{\ln(r)} \quad \text{Equação 3.1}$$

A equação pode ser resolvida adaptando-se o cálculo do limite para um espaço discreto, onde a contagem de caixas, $N_r(A)$, é realizada para diferentes valores de r . Faz-se então necessário definir um conjunto com os vários tamanhos de caixa r que serão utilizados nas

diversas iterações do método, como ilustrado na figura 3.5. A partir da regressão do gráfico $\ln-\ln$ de $N_r(A)$ (número de caixas ocupadas) por r (tamanho dessa caixa) obtém-se a aproximação de uma reta, cujo coeficiente angular é α . A Dimensão Fractal de A é $D = -\alpha$.

Em outras palavras, a Dimensão Fractal (D) é o valor negativo do coeficiente angular da reta derivada da regressão $\ln-\ln$ do “número de células ocupadas (N) na imagem A , para um tamanho de caixa r ” *versus* o “tamanho de caixa r ”, considerando que o valor de r é reduzido progressivamente em direção ao limite zero.

A Lacunaridade é uma medida complementar à Dimensão Fractal, podendo melhorar a caracterização da textura urbana. A Lacunaridade está associada à distribuição e ao tamanho de vazios (lacunas) existentes em uma imagem em diferentes escalas.

O método do Gliding-Box é um dos mais utilizados para calcular a Lacunaridade de uma imagem. Este método é similar ao Box-Counting utilizado para medir a Dimensão Fractal. De acordo com ele, inicialmente, uma caixa de tamanho r é colocada no canto superior esquerdo da imagem e “desliza” sobre a imagem, registrando o número de células não vazias N dentro da caixa em cada “parada” do processo de deslizamento. Depois, o tamanho da caixa é ampliado com a adição de novas células, e o mesmo procedimento é repetido para cada tamanho de caixa, até que o tamanho de caixa seja igual ao tamanho total da imagem (Figura 3.6). O valor de Lacunaridade L de um caixa com tamanho r pode ser calculado pela média $E(N)$ e a variância $Var(N)$ das massas das caixas (Equação 3.2):

$$L(r) = 1 + (Var(N)/E^2(N)) \quad \text{Equação 3.2}$$

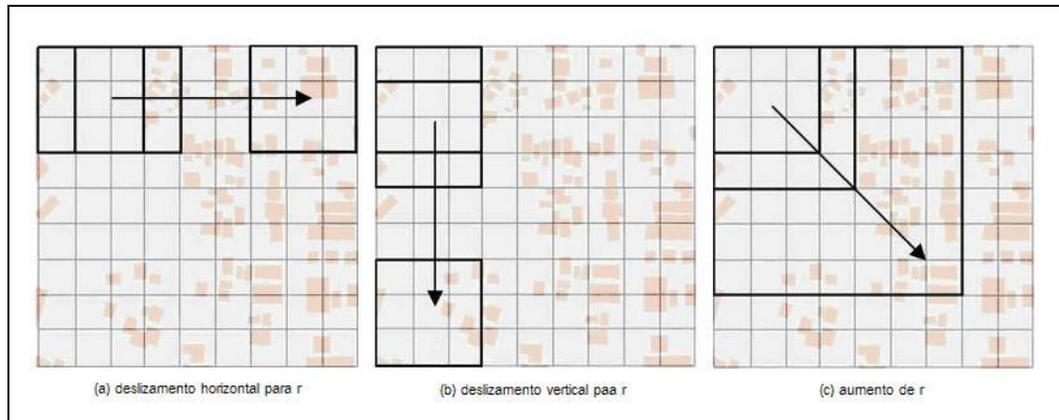


Figura 3.6. Método de Gliding-Box

Neste estudo, para a avaliação de texturas urbanas, selecionadas em imagens de satélite, por intermédio do conceito de Lacunaridade, recorreu-se ao software de programas de análise de imagens ImageJ (Rasband, 1997), com especial aplicação da extensão FracLac (Karperien, 1999) para estudo de objetos fractais.

O algoritmo do FracLac que calcula a Lacunaridade baseia-se na contagem por quadrados deslizantes, descrita anteriormente. Nesse algoritmo, o quadrado desliza sobre toda a imagem, registrando o número de pixels em seu interior, a cada ponto de parada, e ao final, é calculada a média e o desvio padrão. O FracLac calcula Epsilon ϵ (tamanho do quadrado corrente sobre o tamanho do quadrado máximo), médias, desvio padrão e lacunaridade, além de apresentar um gráfico que apresenta a variação da Lacunaridade (L) em relação ao tamanho relativo do quadrado utilizado. O algoritmo funciona apenas sobre pixels pretos sobre fundo branco, ou pixels brancos sobre fundo preto, de forma que as imagens precisam ser convertidas em imagens binárias previamente a fim de garantir que apenas os pixels de interesse sejam considerados na análise.

A Figura 3.7 ilustra a configuração de imagens de análise, representando diferentes padrões morfológicos urbanos, suas respectivas representações binárias, assim como os gráficos correspondentes às suas medidas de Lacunaridade.

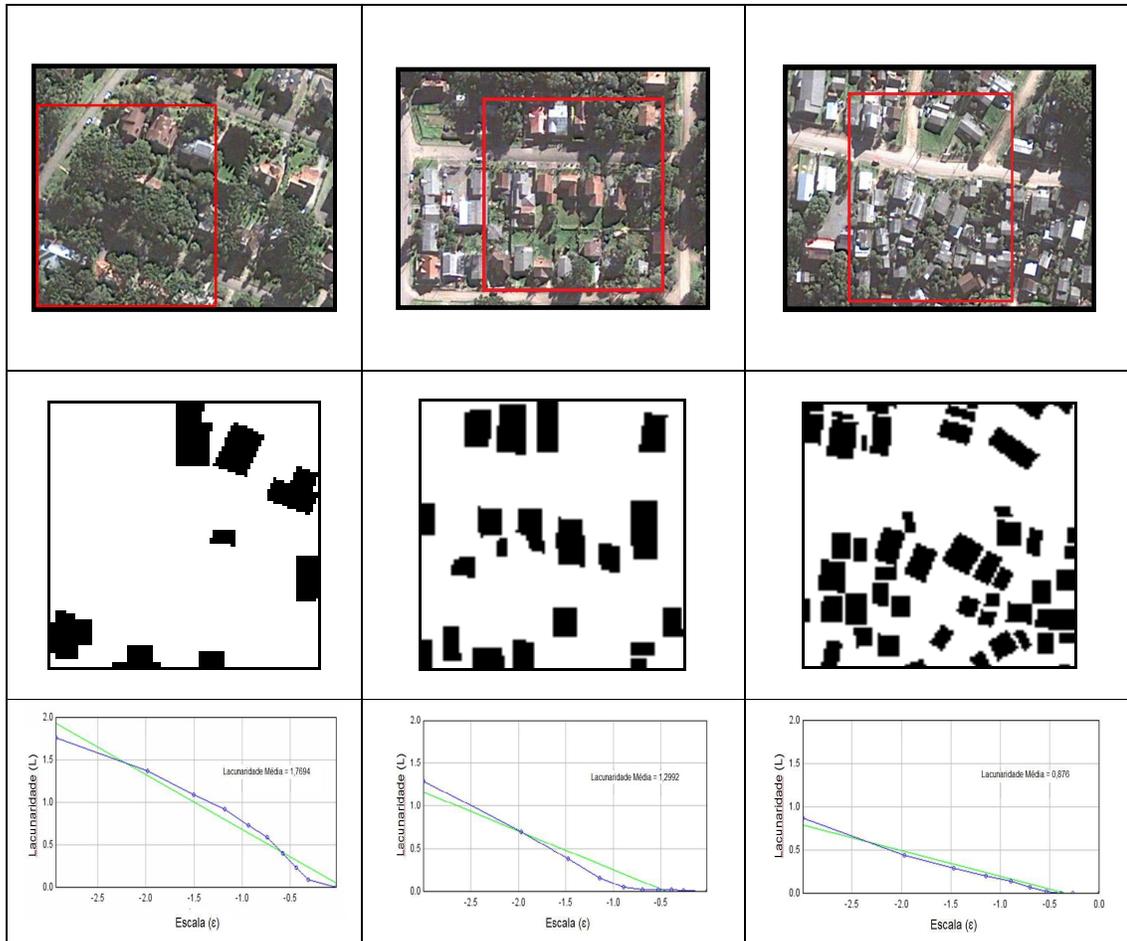


Figura 3.7 – Imagens de Satélite – Canela – RS – Fonte: Google Earth. De cima para baixo, da esquerda para a direita: recortes de 3 áreas de diferentes padrões de ocupação urbana (A, C e E); versões binárias dos respectivos recortes; gráficos de Lacunaridade (L) em função da Escala (ϵ).

Como se pode observar na figura acima, através dos padrões de lacunaridade é possível distinguir diferentes padrões de configuração e textura urbanos. A área relativa à categoria A (Renda Alta) apresenta em média valores mais altos de lacunaridade, resultado que provavelmente decorre da existência de espaços abertos consideráveis, associados a vias largas e regulares. Por outro lado, tais valores decrescem na categoria C (Renda Média), chegando aos valores mais baixos de lacunaridade média quando analisada a área relativa à categoria E (Renda Muito Baixa), indicando pouca permeabilidade, provavelmente decorrente do alto adensamento característico desse tipo de ocupação. Dessa maneira, é possível distinguir, através dos perfis de Lacunaridade, as diferenças de texturas correspondentes aos grupos de configuração analisados. Com o objetivo de incluir e complementar as duas

medidas de complexidade na descrição da textura urbana, ambas são utilizadas para representar os Índices Morfológicos (Dimensão Fractal e Lacunaridade).

3.3.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas têm o objetivo de avaliar a capacidade dos dados infra-estruturais, econômicos e morfológicos de estimar o nível de precariedade habitacional urbano, utilizando-se uma amostra representativa da cidade.

Três passos são adotados neste sentido:

(i) Seleção das amostras:

As amostras correspondem a certo número de células da grade de análise que cobre a área urbanizada da localidade em estudo. Estas células devem ser selecionadas de modo a que todas as categorias de análise existentes na localidade estejam representadas, ou seja, as categorias A, B, C, D e E, descritas na primeira etapa metodológica (seção 3.3.1). Cada célula estará associada a um padrão de qualidade habitacional (padrão correspondente à categoria).

(ii) Avaliação da correlação entre as variáveis independentes:

Em um processo de estimativa estatística, a variável dependente é função de uma ou mais variáveis independentes. Este processo é adequado quando existe alta correlação entre a variável dependente e as variáveis independentes, individualmente e/ou em conjunto. Também é recomendado que as variáveis independentes possuam baixa correlação entre si.

Dessa forma, apenas para as células amostrais, devemos avaliar o índice de correlação (R) e índice de determinação (R^2) entre as variáveis independentes, Índice de Pavimentação (IP), Índice de Renda (IR) e os índices morfológicos Dimensão Fractal (D) e Lacunaridade (L).

(iii) Avaliação da correlação entre variável dependente e variáveis independentes:

Apenas para as células amostrais, avaliar o índice de correlação (R) e índice de determinação (R^2) entre a variável dependente Precariedade Habitacional (PrecHab) e as variáveis independentes Índice de Pavimentação (IP), Índice de Renda (IR), Dimensão Fractal (D) e Lacunaridade (L). Se for obtido um alto nível de correlação, significa que as variáveis independentes têm capacidade de estimar a Precariedade habitacional na área de estudo.

3.3.5 Formulação do modelo

Após a conclusão das análises estatísticas, pode-se fazer a formulação do modelo de estimativa da precariedade habitacional da área de estudo. Adota-se nesta pesquisa o método de combinação linear ponderada, conforme a Equação 3.3.

$$PrecHab = (IP \times w_{IP}) + (IR \times w_{IR}) + (D \times w_D) + (L \times w_L) \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde w é o ponderador respectivo a cada variável independente, possuindo valor equivalente a sua capacidade estimativa de $PrecHab$, conforme os resultados das análises de correlação da etapa anterior ($\sum w = 1$). Ou seja, o modelo deve ser calibrado conforme as particularidade da localidade em estudo. O nível de precariedade habitacional resultante da aplicação do modelo de estimativa tem valores entre 0 e 1, onde 0 significa precariedade inexistente e 1 a situação de máxima precariedade.

3.3.6 Teste e avaliação do modelo

O modelo de estimativa desenvolvido na etapa anterior, a partir das células amostrais, deve ser aplicado a todas as células da área de estudo. Dessa forma, o nível de precariedade habitacional será estimado para toda a área de estudo com base na integração de um conjunto de características (sua infra-estrutura, a renda da população, e sua morfologia).

3.4 Conclusões

O capítulo 3 apresentou a metodologia proposta nesta pesquisa para caracterização da precariedade habitacional urbana. A seleção dos métodos e tecnologias levou em consideração dois aspectos não excludentes: primeiro, busca utilizar modernos recursos tecnológicos disponíveis e baseados em inovadores paradigmas científicos atuais; ao mesmo tempo, busca desenvolver uma metodologia que seja aplicável em processos reais de planejamento habitacional, usando dados de fácil aquisição ou disponibilidade, e apresentando um modesto nível de complexidade em sua aplicação por profissionais técnicos nos departamentos municipais de planejamento. Cabe salientar que geoprocessamento de dados já se encontra estruturado em muitos municípios brasileiros e em uso para aplicações diversas em planejamento urbano.

A análise de textura urbana em sistemas de informações geográficas para estudos de caracterização urbana foi utilizado em estudos anteriores a esta pesquisa, como mencionado no capítulo da revisão da literatura. Entretanto, estes estudos foram empregados em cidades

de grande porte, onde a distinção morfológica entre os bairros formais e assentamentos informais é significativamente proeminente. Esta pesquisa foca na situação de cidades de médio e pequeno porte, pois são estas as cidades que estão recebendo os maiores contingentes populacionais na atual fase de crescimento urbano. Nestas cidades, entretanto, verifica-se maior disponibilidade de solo urbano, menor valor do solo urbano, e muitas vezes, ineficácia dos processos de contenção da formação de assentamentos informais por parte da administração pública. Assentamentos informais muitas vezes se formam em cidades de médio e pequeno porte com lotes e mesmo do domicílios com tamanhos superiores aos encontrados em capitais metropolitanas. A falta de atendimento a regras urbanísticas, entretanto, normalmente resulta em uma alocação desorganizada no espaço, da mesma forma como em grandes cidades. Dessa forma, a distinção morfológica entre assentamentos formais e informais em cidades de pequeno e médio porte deve ser diferente da situação encontrada nos estudos desenvolvidos em cidades de grande porte.

As medidas morfológicas Dimensão Fractal e Lacunaridade, portanto, podem não ser suficientes para caracterizar totalmente os níveis de precariedade habitacional urbana. Esta situação será testada no capítulo seguinte, quando aplicamos a metodologia proposta em um estudo de caso real. Duas outras medidas foram incluídas no modelo para contornar essa possível situação: uma medida relacionada à renda para caracterização socio-econômica da população residente; e uma medida infraestrutural para caracterização da qualidade da habitabilidade produzida pela administração pública.

4.1 Introdução

Este capítulo destina-se a apresentar o estudo de caso da pesquisa, descrevendo e avaliando a aplicação da metodologia proposta em uma situação urbana real. Um dos objetivos deste capítulo é detalhar e clarificar a abordagem metodológica proposta, utilizando-se dados reais e específicos de uma dada municipalidade, e não generalizações urbanas. Segundo, este capítulo visa avaliar os resultados obtidos em comparação com os dados reais da área investigada. Dessa forma, a capacidade do modelo em caracterizar a localização e os níveis de precariedade habitacional urbana será avaliada, e, conseqüentemente, seu potencial como um instrumento de suporte ao planejamento habitacional urbano será delineado.

A seção 4.2 descreve a área selecionada como estudo de caso para esta pesquisa, o município de Canela, na região serrana do Rio Grande do Sul. Sua descrição, assim como os dados utilizados neste estudo de caso são provenientes do Plano Local de Habitação de Interesse Social, realizado nesta cidade pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, sob a coordenação do Núcleo de Tecnologia Urbana – NTU e, mais especificamente, pelo SimmLab – Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo, o qual teve atuação direta no Plano Habitacional de Canela.

As seções subsequentes, 4.3 a 4.7, seguem o mesmo ordenamento das etapas metodológicas apresentadas no capítulo 3. Dessa forma, a estrutura geral do método de modelagem e análise da precariedade habitacional urbana apresentada no capítulo da metodologia, é descrito novamente, porém agora frente a uma específica situação urbana e habitacional. Os dados e medidas utilizados no estudo caracterizam uma dada realidade, e o modelo é utilizado para localizar e classificar os níveis de precariedade habitacional em Canela, com base em amostras. As estimativas do modelo são finalmente comparadas a situação atual e real de Canela. A seção final do capítulo faz uma avaliação breve da aplicação da metodologia especificamente para o caso de Canela.

4.2 A Cidade de Canela, RS

O município de Canela, com uma população de aproximadamente 40.000 habitantes, está situado em região próspera do Estado do Rio Grande do Sul, a encosta nordeste da Serra

Geral. As belezas naturais do relevo acidentado com abundância de recursos hídricos, o clima frio do inverno, as características culturais da descendência européia, e a proximidade com a capital Porto Alegre, funcionam como importantes atrativos para o turismo, no qual baseia-se a economia da região (Figura 4.1).

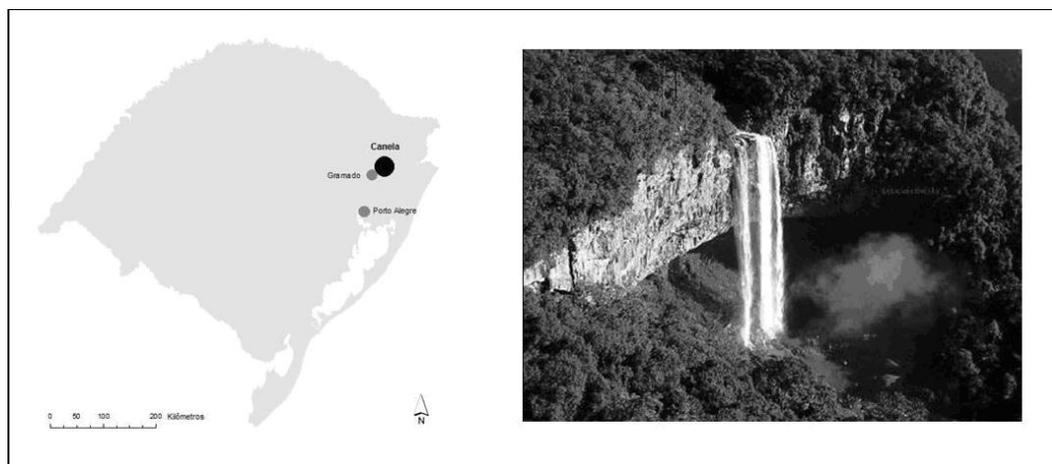


Figura 4.1 Localização da cidade de Canela no RS

A taxa de crescimento populacional de Canela entre os anos 1970 e 2007 foi de 175%. Esta taxa é superior as taxas de crescimento populacional a nível estadual (59%) e nacional (91%) para o mesmo período. Na última década a taxa de crescimento populacional de Canela diminuiu sensivelmente, mas a população da cidade ainda cresce cerca de 2% ao ano (IBGE, 2010).

Este rápido crescimento populacional nas últimas décadas não foi acompanhado por suficiente investimento e planejamento no processo de urbanização. Residentes de renda média e alta estão concentrados na parte central da cidade, região melhor atendida por serviços e infra-estruturas. Entretanto, uma significativa parte da população, com renda baixa, está distribuída no entorno da área central. Estas periferias apresentam sérios problemas de falta de atendimento por infra-estruturas urbanas, especialmente de saneamento, e são compostas principalmente por domicílios precários. Algumas dessas áreas são, na verdade, assentamentos informais, excluídos do sistema regulatório urbano. O mercado imobiliário da região tem sido focado na produção de moradias para alta renda, especialmente como segundo domicílios, ou domicílios de veraneio. Parte dos novos loteamentos possuem a estrutura de condomínios horizontais fechados para população de alta renda, localizados nas áreas

periféricas da cidade, onde existe disponibilidade de áreas para lotes de grandes dimensões, e usufruindo de belas vistas panorâmicas oferecidas pelo relevo. O governo, por outro lado, não propôs ou desenvolveu um planejamento a longo termo para habitação de interesse social na região nas últimas décadas (Turkienicz, B et al, 2008).

4.3 Preparação das categorias de análise

As categorias de análise consistem em diferentes padrões de ocupação urbana que estão relacionados com diferentes níveis de precariedade habitacional. Para o caso da cidade de Canela, segundo o estudo do PLHIS, foram identificados seis padrões de ocupação urbana: (i) A-Res – padrão de alta renda uni-familiar em condomínios residenciais; (ii) A-Cen – padrão de alta renda multi-familiar no eixo de maior centralidade urbana; (iii) B – padrão de renda média-alta; (iv) C – padrão de renda média; (v) D – padrão de renda baixa; e (vi) E – padrão de renda muito baixa. A Figura 4.2 ilustra a distribuição destes padrões de urbanização, relacionados aos níveis de renda, nos bairros da cidade de Canela.

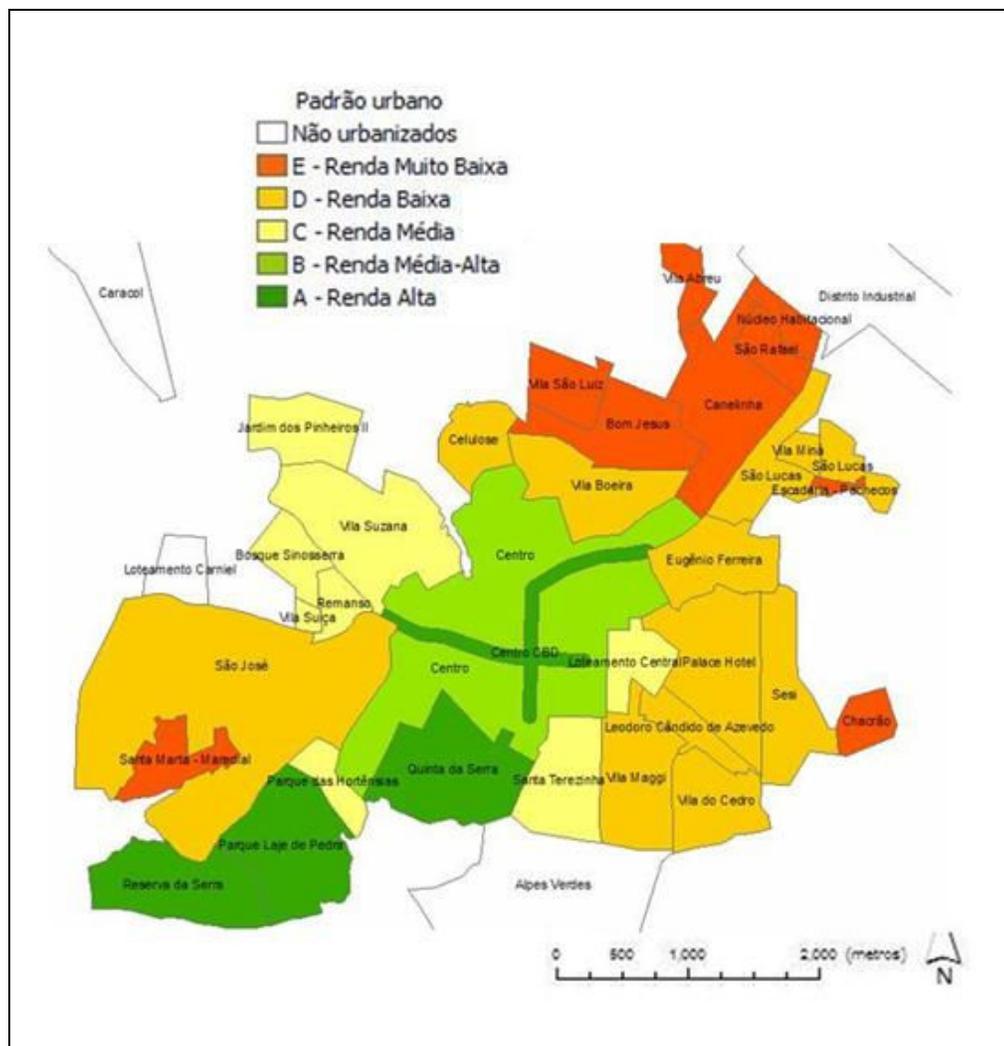


Figura 4.2: Padrões de urbanização nos bairros da cidade de Canela, RS (Turkienicz, B et al, 2008).

Cada uma destas categorias de análise é ilustrada e descrita em mais detalhes nas seções a seguir.

4.3.1 Categoria A-Res

Esta categoria é caracterizada por condomínios residenciais no entorno do centro urbano com lotes grandes, casas grandes com alto padrão construtivo, separados e medianamente distanciados de áreas comerciais e industriais, atendimento por todas as infra-estruturas urbanas, aproveitamento das belezas cênicas da região e regularidade legal dos imóveis. A Figura 4.3 ilustra o padrão tipológico desta categoria, e a Figura 4.4 ilustra o padrão morfológico.

O nível de precariedade habitacional desta categoria é inexistente.



Figura 4.3: Padrão tipológico e morfológico da categoria A-Res, Canela, RS

4.3.2 Categoria A-Cen

Esta categoria é caracterizada por ocupação residencial no eixo de maior centralidade da cidade (eixo comercial com uso do solo misto). Possui maior densidade construtiva do que a categoria A-Res devido ao custo mais elevado do solo. É composta de edificações multifamiliares em sua maioria, existindo também unidades uni-familiares com menor dimensão que a categoria A-Res. As edificações possuem alto padrão construtivo, atendimento por todas as infraestruturas urbanas e regularidade dos imóveis. A Figura 4.4 ilustra o padrão tipológico e morfológico desta categoria.

Da mesma forma que a categoria A-Res, o nível de precariedade habitacional da categoria A-Cen é inexistente.



Figura 4.4: Padrão tipológico e morfológico da categoria A-Cen, Canela, RS

4.3.3 Categoria B

Esta categoria é caracterizada por ocupações residenciais na área central da cidade, no entorno do eixo de maior centralidade. É composta por um misto de unidades uni-familiares e multi-familiares de porte e padrão médios. Apresenta uso do solo misto com atividades comerciais e institucionais. As casas são majoritariamente de alvenaria. Os imóveis possuem regularidade fundiária. A maioria dos domicílios é atendida por infraestruturas urbanas. A Figura 4.5 ilustra o padrão tipológico e morfológico desta categoria.

Nesta categoria, verifica-se um nível baixo de precariedade habitacional.



Figura 4.5: Padrão tipológico e morfológico da categoria B, Canela, RS

4.3.4 Categoria C

Esta categoria é caracterizada por ocupações residenciais em bairros localizados no entorno da área central da cidade, com uso do solo misto com atividades comerciais. É composta majoritariamente por unidades uni-familiares de porte e padrão médio para baixo (casas de madeira). Existe deficiência de infra-estruturas urbanas e de irregularidade fundiária, mesmo que em níveis baixos. A Figura 4.6 ilustra o padrão tipológico e morfológico desta categoria.

Para a categoria C, verifica-se um nível médio de precariedade habitacional.



Figura 4.6: Padrão tipológico e morfológico da categoria C, Canela, RS

4.3.5 Categoria D

Esta categoria é caracterizada por ocupações residenciais em bairros periféricos da cidade. É composta majoritariamente por unidades uni-familiares de porte médio e padrão construtivo baixo (casas de madeira). Existe carência e deficiência de infra-estruturas urbanas em nível médio e também verifica-se a ocorrência de irregularidade fundiária. A Figura 4.7 ilustra o padrão tipológico desta categoria, e a Figura 4.12 ilustra o padrão morfológico. Nesta categoria, verifica-se um nível alto de precariedade habitacional.

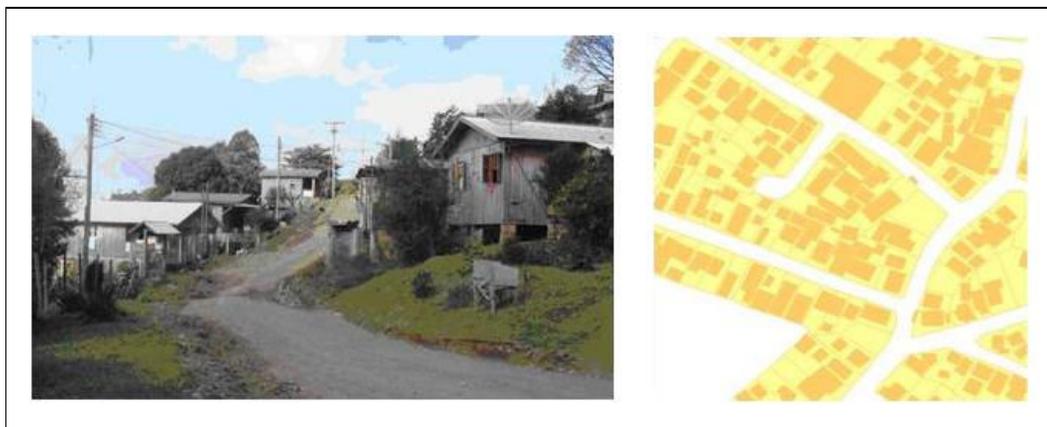


Figura 4.7: Padrão tipológico e morfológico da categoria D, Canela, RS

4.3.6 Categoria E

Esta categoria é caracterizada por ocupações residenciais irregulares e muito precárias localizadas na periferia da cidade, muitas vezes em lugares impróprios à urbanização, tais como margens de arroios e zonas com alta declividade. É composta de unidades unifamiliares de pequeno porte e com baixa qualidade construtiva, muitas vezes configurando habitação improvisada. A maioria dos domicílios não tem atendimento por infra-estruturas urbanas. A Figura 4.14 ilustra o padrão tipológico desta categoria, e a Figura 4.8 ilustra o padrão morfológico.

Nesta categoria, verifica-se um nível muito alto de precariedade habitacional.



Figura 4.8: Padrão tipológico e morfológico da categoria E, Canela, RS

4.4 Preparação da base de dados

As informações neste estudo serão tratadas no formato de mapeamentos digitais georeferenciados no sistema SAD-1969/UTM-22S, em sistema de informação geográfica.

A base de dados geográficos de Canela envolve cinco planos de informação: (i) mapa da grade de análise; (ii) mapa das vias urbanas com atributo do tipo de pavimentação; (iii) mapa dos setores censitários urbanos com atributo da renda familiar; (iv) mapa das edificações urbanas; e (v) mapa das áreas com problemas habitacionais, segundo o governo municipal.

4.4.1 Grade de análise

A grade de análise consiste um mapa formado por unidades celulares discretas, em um esquema de linhas e colunas, que cobre a área urbanizada do perímetro urbano de Canela. As células desta grade representam a unidade espacial mínima de análise.

Este mapa foi produzido em um SIG, tendo-se a imagem de satélite de alta resolução de Canela como fundo de referência, onde cada célula possui um identificador. A grade resultante tem 1.009 unidades celulares, tendo cada unidade a dimensão de 100 metros por 100 metros. A Figura 4.9 ilustra um detalhe da sobreposição da grade de análise à imagem de satélite da cidade de Canela, e o mapa correspondente com os identificadores. A Figura 4.10 apresenta o mapa da grade de análise para a área de estudo.



Figura 4.9: Detalhe da grade de análise, Canela, RS



Figura 4.10: Grade de análise, Canela, RS

4.4.2 Pavimentação, renda e edificações

Os dados de pavimentação, renda e edificações urbanas necessitam estar mapeados e representarem a distribuição espacial de seus atributos, tendo em vista a finalidade da análise deste estudo de investigar e modelar as suas influências na precariedade habitacional.

Informações sobre a pavimentação foram obtidas através de um mapa vetorial do eixo das vias urbanas com o atributo do tipo de pavimentação, conforme apresentado na Figura 4.11.

Verifica-se que o núcleo da sede urbana é totalmente pavimentado, sendo a zona periférica da sede majoritariamente carente de pavimentação,

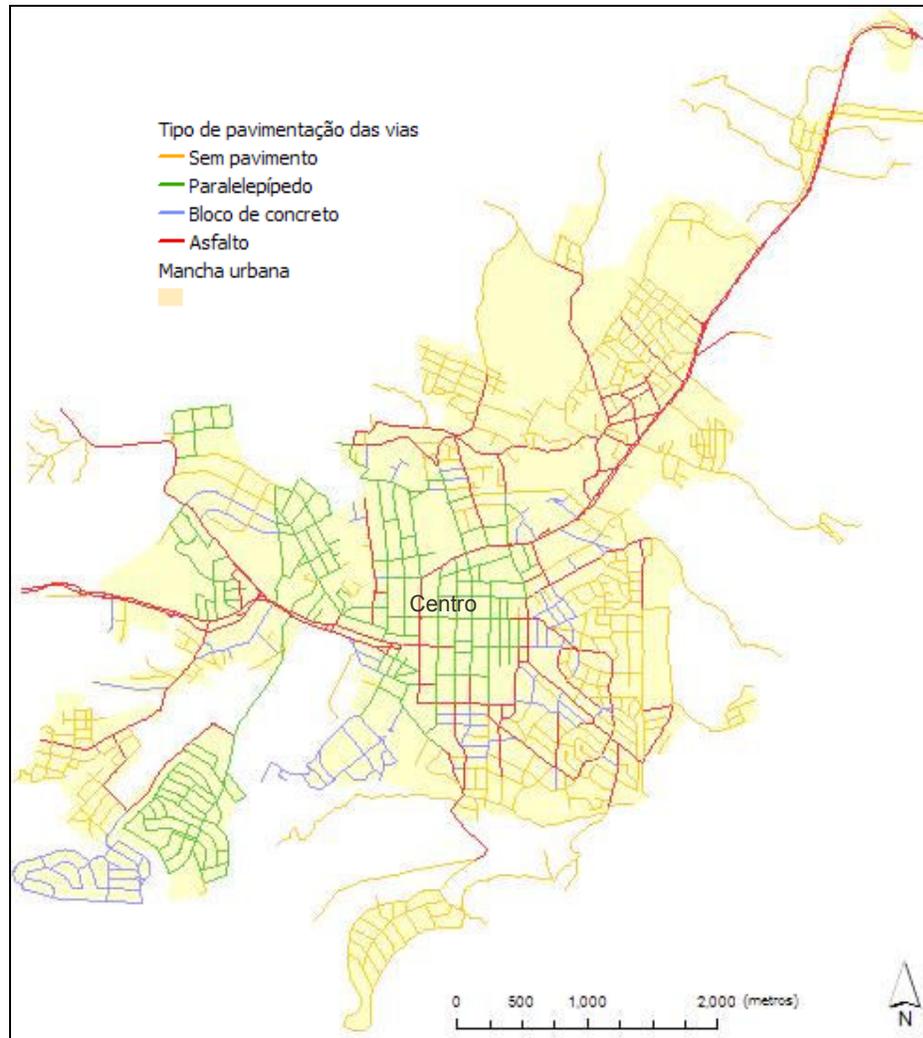


Figura 4.11: Mapa de pavimentação de vias urbanas, Canela, RS (Turkienicz, B et al, 2008).

Informações sobre a renda foram obtidas através de um mapa vetorial dos setores censitários urbanos com os atributos de renda dos chefes de família do Censo Demográfico de 2000, conforme apresentado na Figura 4.12. Verifica-se que o núcleo da sede urbana tem a menor concentração de baixa renda, sendo seguido pelos setores que ligam Canela à Gramado. A concentração de baixa renda aumenta na periferia da sede urbana.

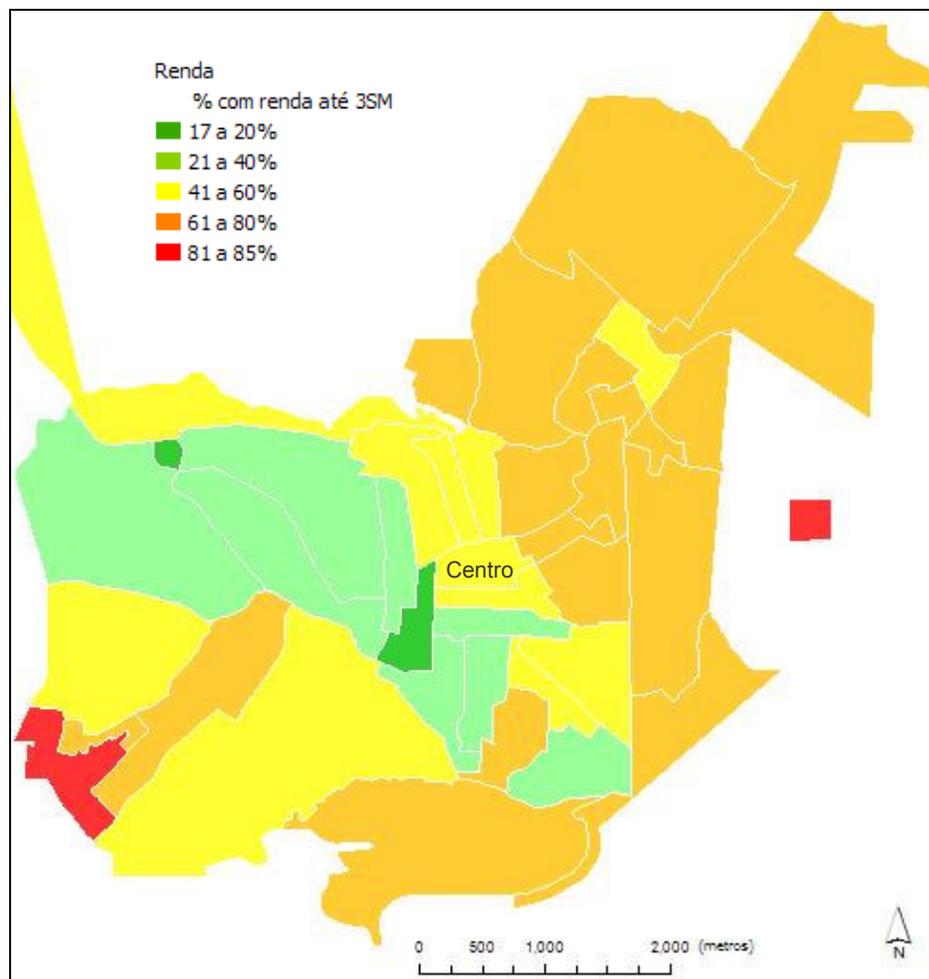


Figura 4.12: Mapa de renda dos setores censitários urbanos, Canela, RS (Turkienicz, B et al, 2008).

Informações sobre as edificações urbanas foram obtidas através de um mapa vetorial da projeção plana das edificações existentes no perímetro urbano no ano de 2006, conforme apresentado na Figura 4.13.

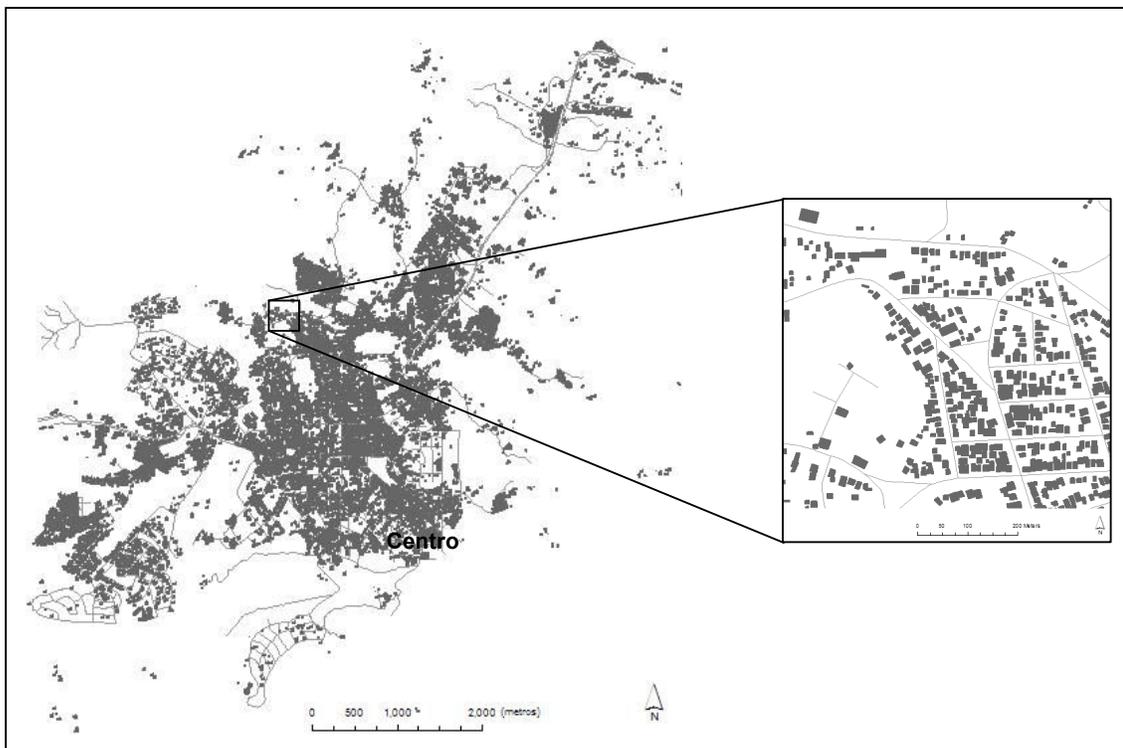


Figura 4.13: Mapa de edificações urbanas, Canela, RS (Turkienicz, B et al, 2008)

4.5 Análises geográficas

Nesta etapa metodológica os dados geográficos originais foram convertidos em novos mapeamentos: (i) o índice de pavimentação; (ii) o índice de renda; e os índices morfológicos (iii) Dimensão Fractal e (iv) Lacunaridade. Esta conversão compreende duas dimensões, a de valor e a espacial. Em termos de conversão de valor, cada índice assume um valor numérico em uma escala de 0 a 1. Desse modo, dados de diferentes grandezas, tais como pavimentação, renda e morfologia, podem ser posteriormente combinados com a mesma álgebra matemática. Com relação à dimensão espacial, os mapas de índices adotam o formato do sistema da grade de análise. Ou seja, os mapas possuem as células da grade como unidades espaciais de análise, que armazenam os atributos numéricos dos respectivos índices.

As seções a seguir descrevem os procedimentos e ferramentas utilizados para a produção de cada mapeamento.

4.5.1 Mapeamento do Índice de Pavimentação (IP)

A pavimentação está associada, de modo geral, ao processo de urbanização formal. Vias pavimentadas normalmente apresentam as infraestruturas urbanas subterrâneas (redes de abastecimento de água, de esgoto sanitário e de drenagem pluvial). Vias não pavimentadas são presentes, em sua maioria, em assentamentos precários, clandestinos ou em áreas formais em processo inicial de urbanização.

Inicialmente se faz o cruzamento do mapa de vias urbanas com a grade de análise. Para cada célula da grade de análise, calcula-se a metragem de vias pavimentadas e não pavimentadas contidas na mesma. O índice de pavimentação (IP) indica, com um valor em uma escala de 0 a 1, o nível de pavimentação de cada célula, como resultado da equação 4.1.

$$IP_i = (Pav/Vias)_i \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde, IP_i é o índice de pavimentação da célula i ; Pav_i corresponde a metragem de vias pavimentadas contidas na célula i (paralelepípedo, pedra, bloco de concreto, asfalto, etc.) e $Vias_i$ é a metragem total das vias contidas na célula i .

A Figura 4.14 ilustra o procedimento de produção deste mapeamento.

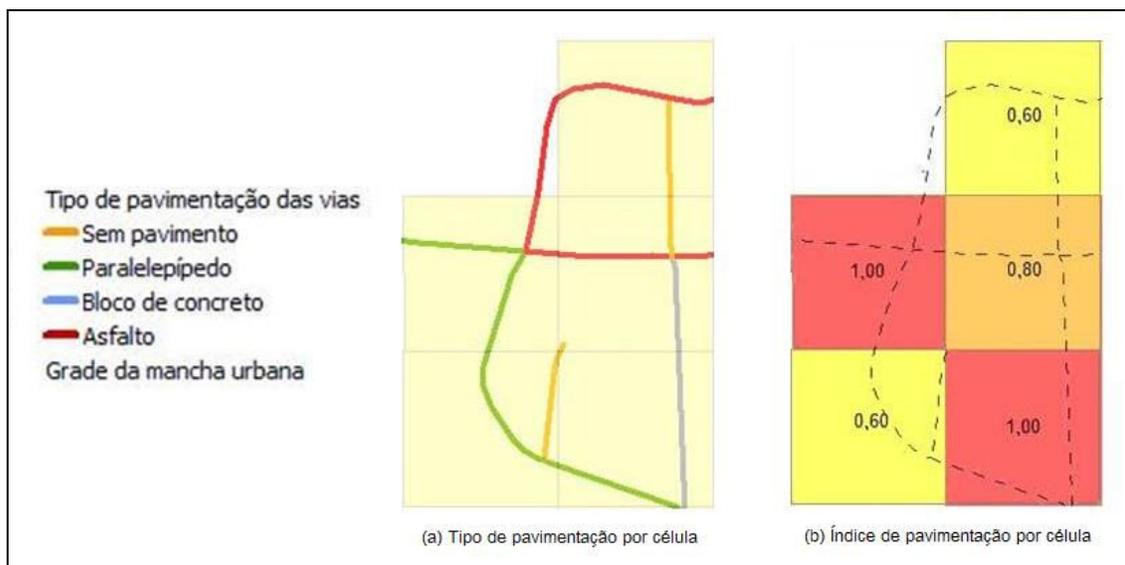


Figura 4.14: Procedimentos de produção do mapa de índice de pavimentação, Canela, RS

A Figura 4.15 apresenta o mapa resultante para a área de estudo, Canela. Verifica-se elevados níveis de pavimentação na sede urbana, onde mais da metade das células possui IP superior a 0.80. A periferia da cidade apresenta os menores níveis de pavimentação, com quase 40% das células da grade com IP igual ou inferior a 0.40.

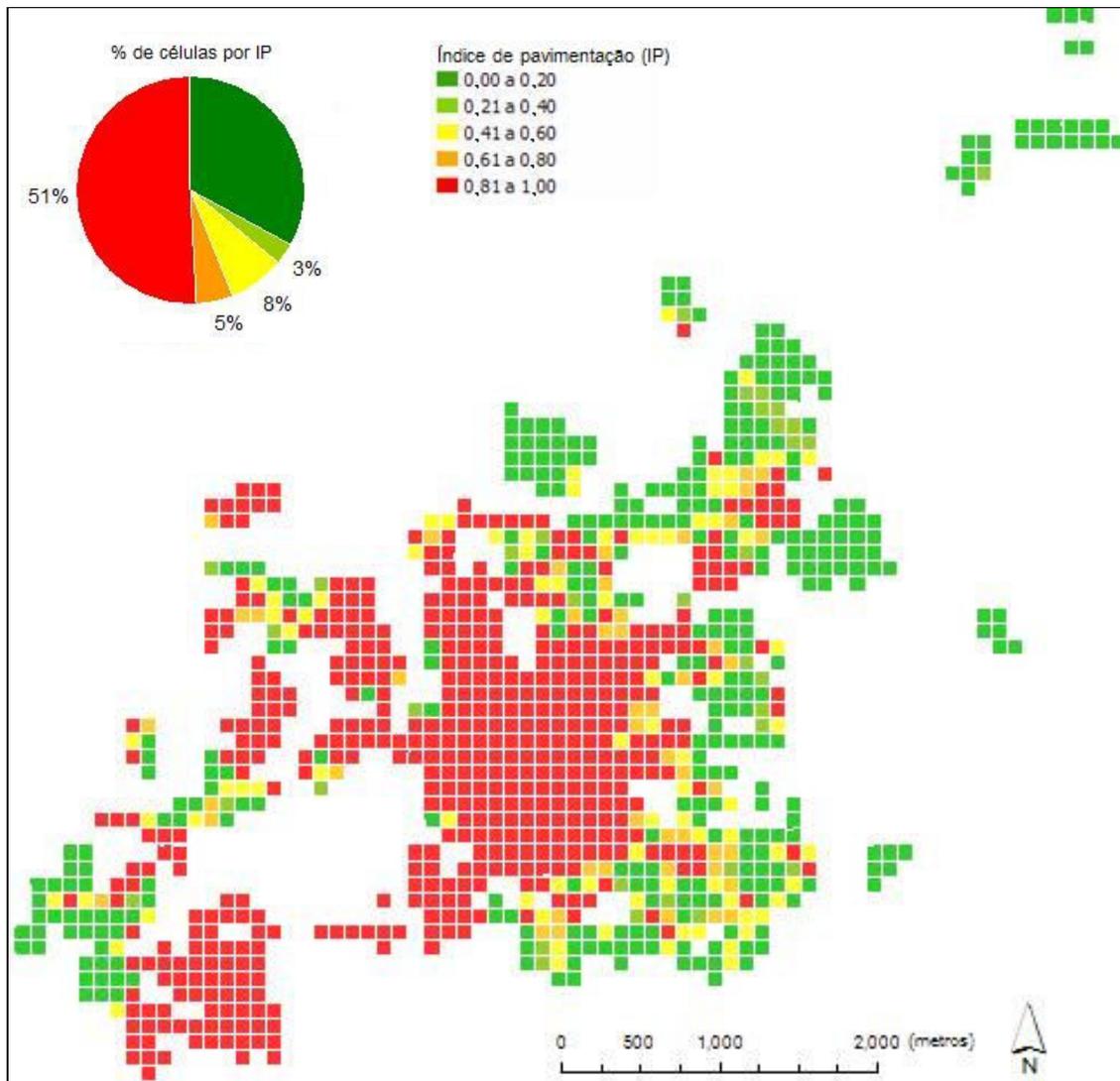


Figura 4.15: Mapa de Índice de Pavimentação (IP), Canela, RS

4.5.2 Mapeamento do Índice de Renda (IR)

O índice de renda mede a concentração de pobreza na cidade.

Inicialmente se faz o cruzamento do mapa de renda com a grade de análise. Para cada célula da grade de análise, identifica-se a proporção de chefes de família com renda até 3

salários mínimos no setor censitário em que a célula está inserida totalmente ou majoritariamente. O índice de Renda (IR) indica, com um valor em uma escala de 0 a 1, o nível de concentração de baixa renda de cada célula, como resultado da equação 4.2.

$$IR_i = (Renda/100)_i \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde, IR_i é o índice de renda da célula i ; $Renda_i$ corresponde à percentagem de chefes de família com renda até 3 salários mínimos no setor censitário que contém a célula i (valores de 0 a 100%).

A Figura 4.16 apresenta o mapa resultante para a área de estudo, Canela. Verifica-se que a pobreza concentra-se na periferia da sede urbana, sendo que quase 40% das células da grade possuem mais de 60% dos chefes de família com baixa renda.

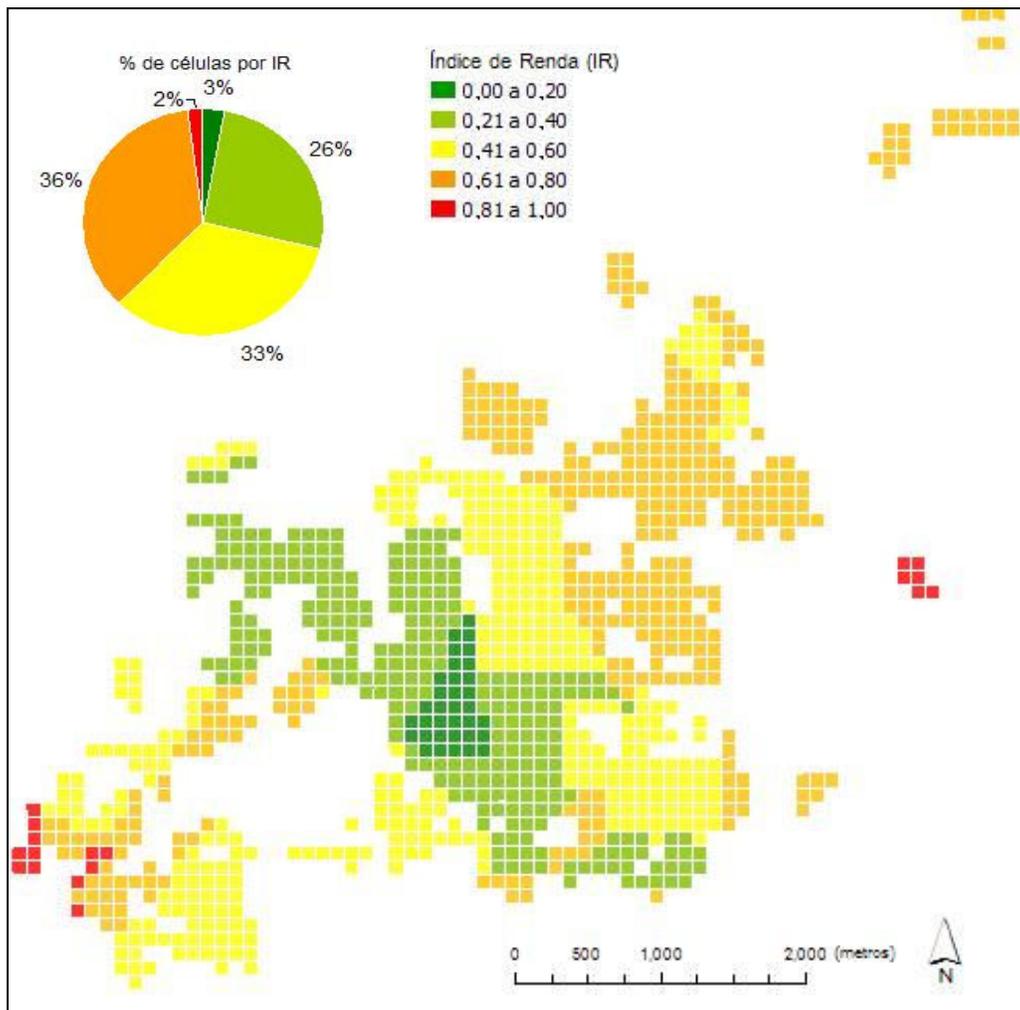


Figura 4.16: Mapa de Índice de Renda (IP), Canela, RS

4.5.3 Mapeamento da Dimensão Fractal (D) e da Lacunaridade (L)

A Dimensão Fractal e a Lacunaridade são medidas espaciais de complexidade baseadas em geometria fractal que buscam, de forma complementar, a caracterização dos diferentes padrões morfológicos urbanos na área de estudo.

Inicialmente, utilizando-se um SIG, se faz o cruzamento do mapa de edificações urbanas com a grade de análise. Para cada célula da grade de análise, utilizando o *software* ImageJ (Rasband, 1997) e sua extensão FracLac (Karperien, 1999), calcula-se automaticamente a Dimensão Fractal e a Lacunaridade.

A Figura 4.17 apresenta o mapa da Dimensão Fractal na área de estudo, Canela. No caso de Canela, apenas cerca de 20% das células em estudo apresentam valores baixos para a Dimensão Fractal, nos dois extratos inferiores da Figura 4.17 (D entre 0,67 e 1,43). Estas células com baixa D localizam-se de forma fragmentada na sede urbana, com algumas células na área central, mas a maioria situada em partes da periferia. Por outro lado, mais da metade das células em estudo apresentam Dimensão Fractal elevada, nos dois extratos superiores da Figura 4.17 (D de 1.6 a 1.92), estando localizadas de forma mais contígua, em toda a sede urbana, mas especialmente na parte mais central da sede.

A Dimensão Fractal tende a ser mais elevada nas áreas urbanas com maior densidade de edificações. A distribuição da D em Canela está de acordo com a situação real, onde existe uma densidade alta de edificações na região central, e em algumas áreas periféricas com assentamentos informais; uma densidade média no entorno do centro, e densidades baixas de edificações em partes da periferia com condomínios fechados ou áreas em processo incompleto de urbanização, com lotes vazios ainda existentes.

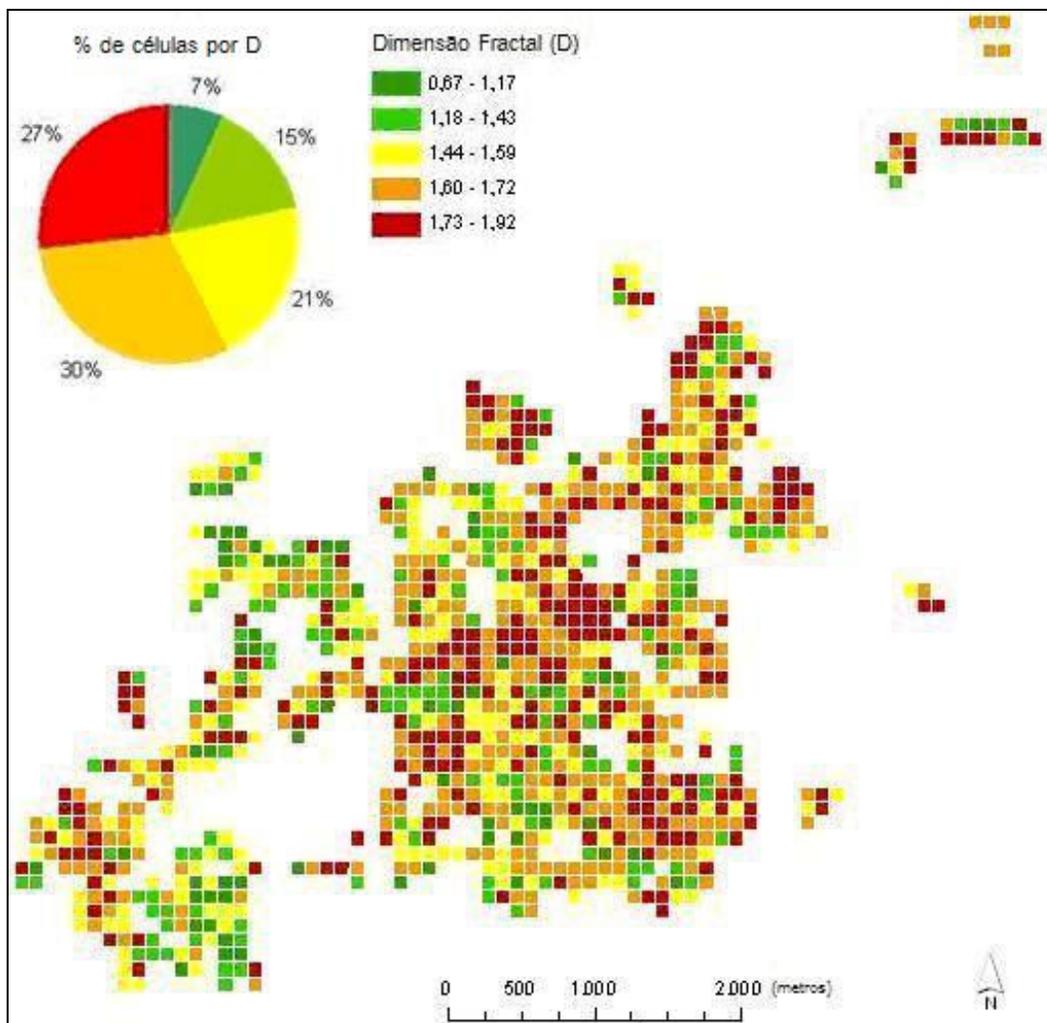


Figura 4.17: Mapa da Dimensão Fractal (D), Canela, RS

A Figura 4.18 apresenta o mapa da Lacunaridade na área de estudo. No caso de Canela, menos de 20% das células em estudo apresentam valores altos para a Lacunaridade, nos dois extratos superiores da Figura 4.18 (L entre 1,77 e 3,31). Estas células com alta L localizam-se em sua maioria em partes da periferia. Por outro lado, mais da metade das células em estudo apresentam Lacunaridade baixa, nos dois extratos inferiores da Figura 4.18 (L de 0,50 a 1,40), estando localizadas de forma mais contígua, em toda a sede urbana, mas especialmente na parte mais central da sede.

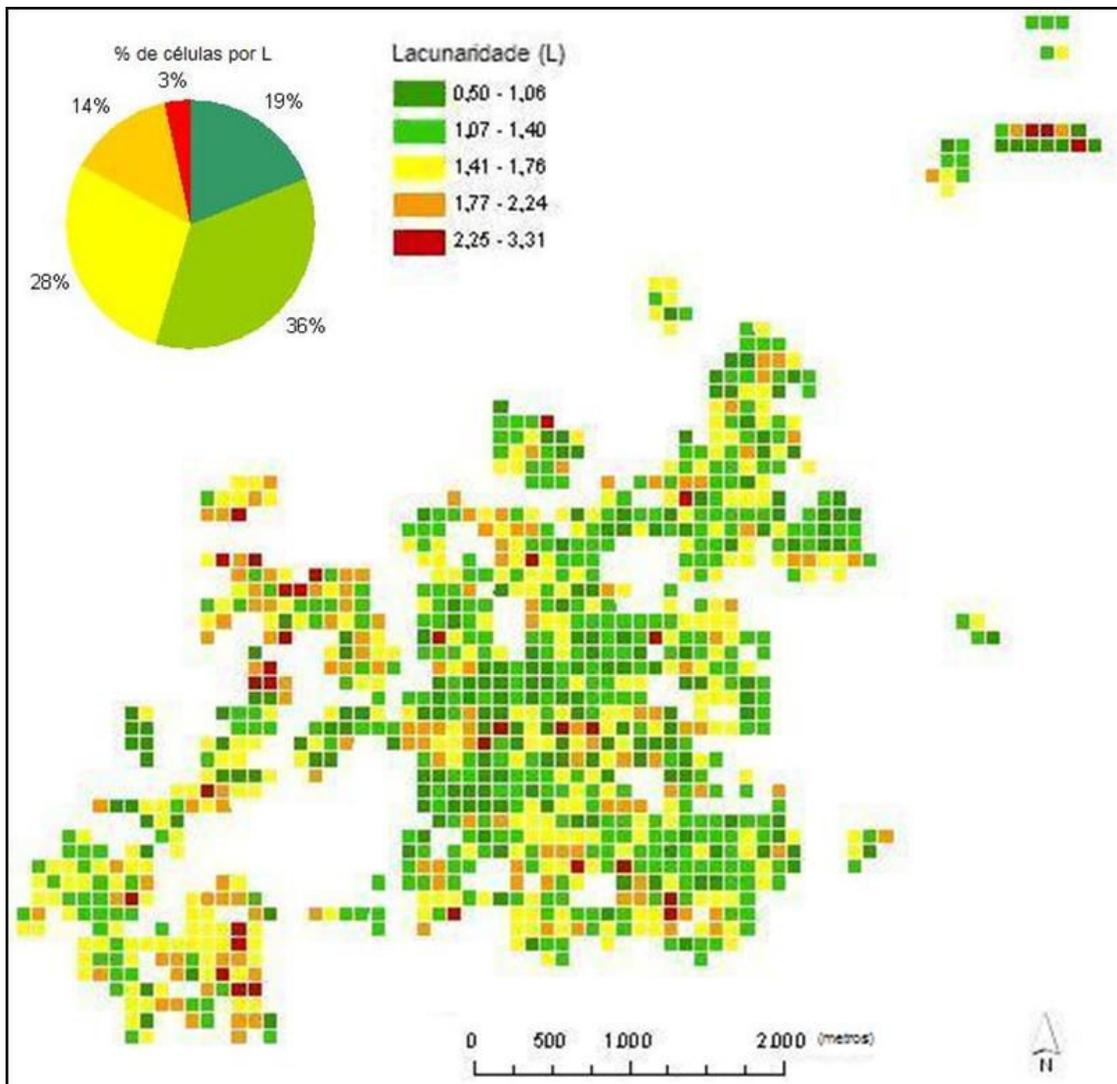


Figura 4.18: Mapa da Lacunaridade (L), Canela, RS

4.6 Análises estatísticas e formulação do modelo

4.6.1 Seleção das amostras

A área de estudo tem um total de 1.009 células. A formulação do modelo de estimativa da precariedade habitacional é feita através de um conjunto de análises estatísticas de correlação entre variáveis, considerando uma amostra de células. Esta amostra consiste em uma pequena quantidade de células da área de estudo que seja representativa de todas as categorias de análise.

Para o caso de Canela foram selecionadas 67 células, 7% do total de células, distribuídas geograficamente pela sede urbana e representativas para todas as categorias de análise. A Figura 4.19 ilustra a localização das células amostrais selecionadas, indicando a categoria a que se referem e a Tabela 4.1 resume estas informações.

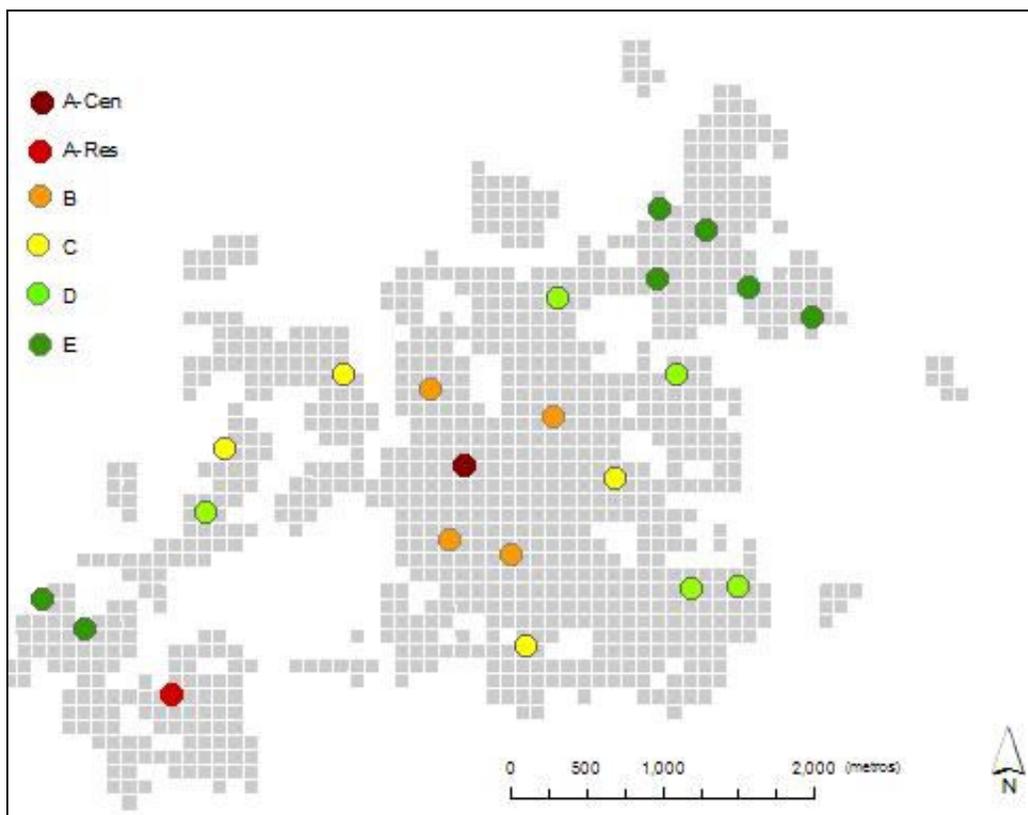


Figura 4.19: Localização e categoria de análise das células da amostra estatística

Tabela 4.1: Relação entre células amostrais e área de estudo, conforme categorias de análise.

Categoria	Número total de células da área de estudo	Número de células da amostra	% amostra/total
A-Res	104	12	12
A-Cen	68	06	9
B	170	12	7
C	143	11	8
D	349	14	4
E	175	12	7
Total	1.009	67	7

4.6.2 Preparação dos dados geográficos para as análises estatísticas

As análises estatísticas são desenvolvidas apenas com as células da amostra selecionada. A justificativa é a amostra representar o comportamento do universo.

Dessa forma, foi inicialmente estruturada uma tabulação das células amostrais (Anexo I), dividida em seções, de acordo com a categoria de análise a que se refere, contendo os seguintes atributos: (i) nível de precariedade habitacional PH; (ii) índice de pavimentação IP; (iii) índice de renda IR; (iv) Dimensão Fractal D; e (v) Lacunaridade L.

Cabe reiterar que os valores de Dimensão Fractal D e Lacunaridade L foram obtidos diretamente com o uso do *software* ImageJ (Rasband, 1997), através de sua extensão FracLac (Karperien, 1999).

As amostras das categorias de análise são apresentadas a seguir.

4.6.2.1 Dados das amostras das categorias de análise

A Figura 4.20 apresenta as células da amostra para a categoria de análise A-Res. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 12 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

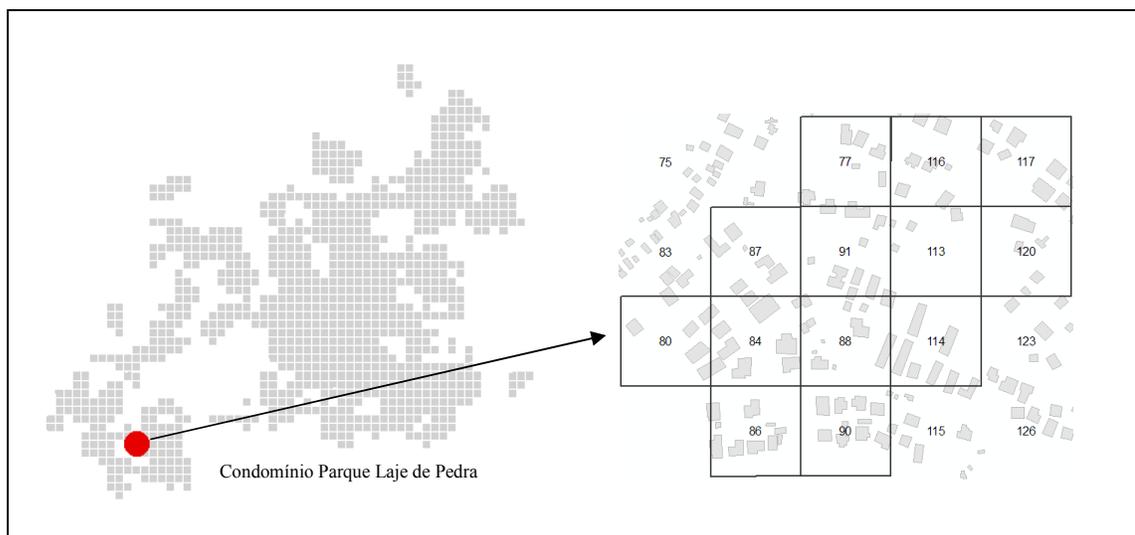


Figura 4.20: Amostra para categoria A-Res

A Figura 4.21 apresenta as células da amostra para a categoria de análise A-Cen. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 6 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

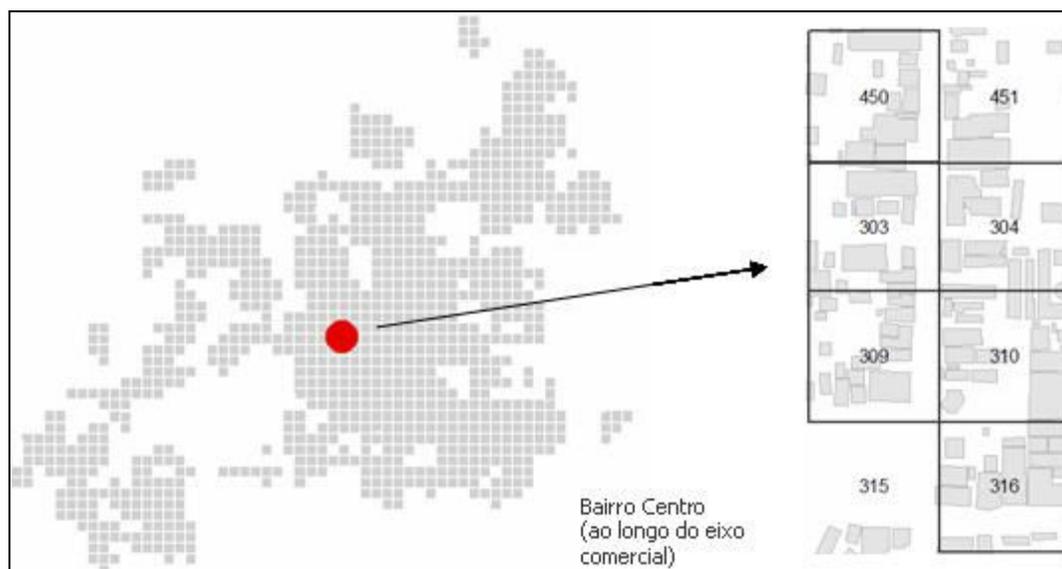


Figura 4.21: Amostra para categoria A-Cen

A Figura 4.22 apresenta as células da amostra para a categoria de análise B. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 12 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

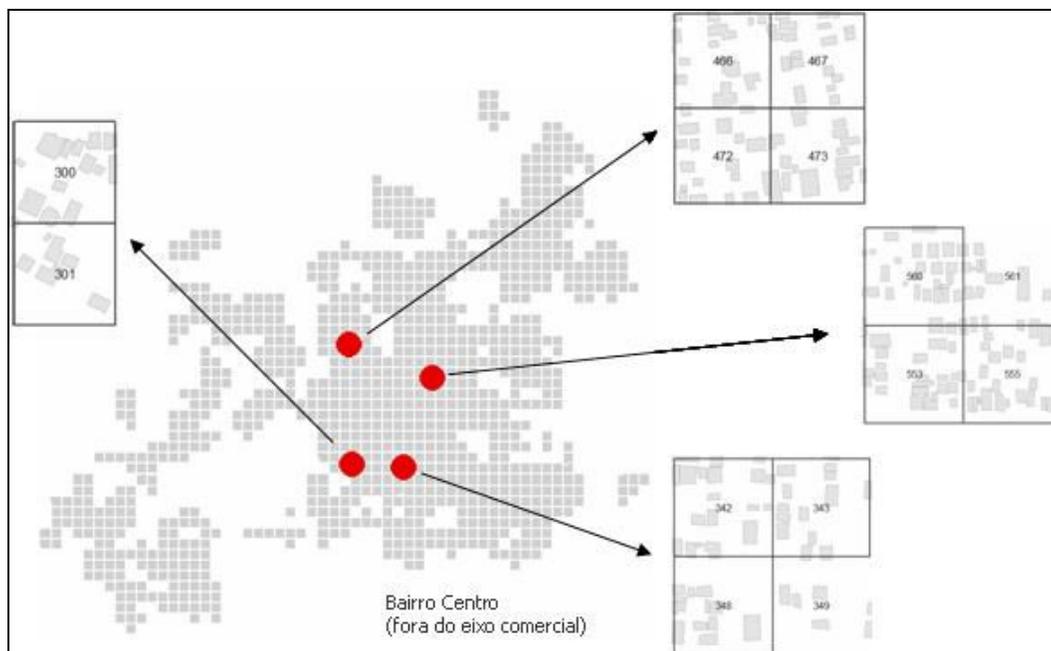


Figura 4.22: Amostra para categoria B

A Figura 4.23 apresenta as células da amostra para a categoria de análise C. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 11 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

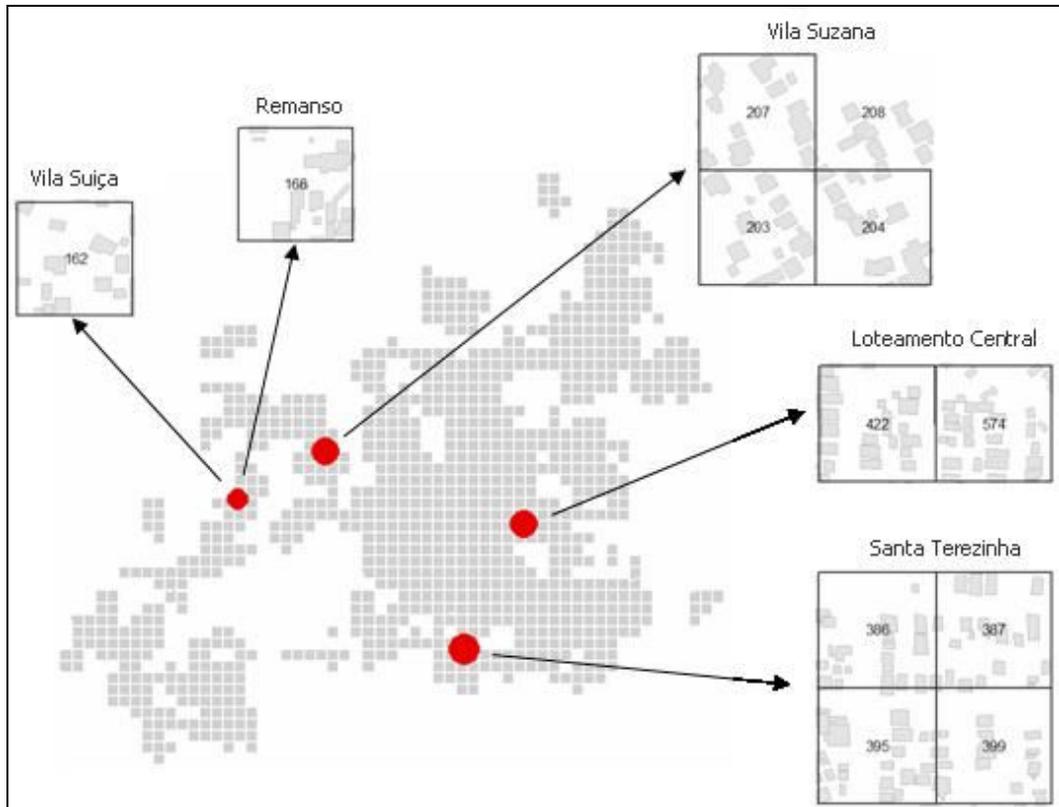


Figura 4.23: Amostra para categoria C

A Figura 4.24 apresenta as células da amostra para a categoria de análise D. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 14 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

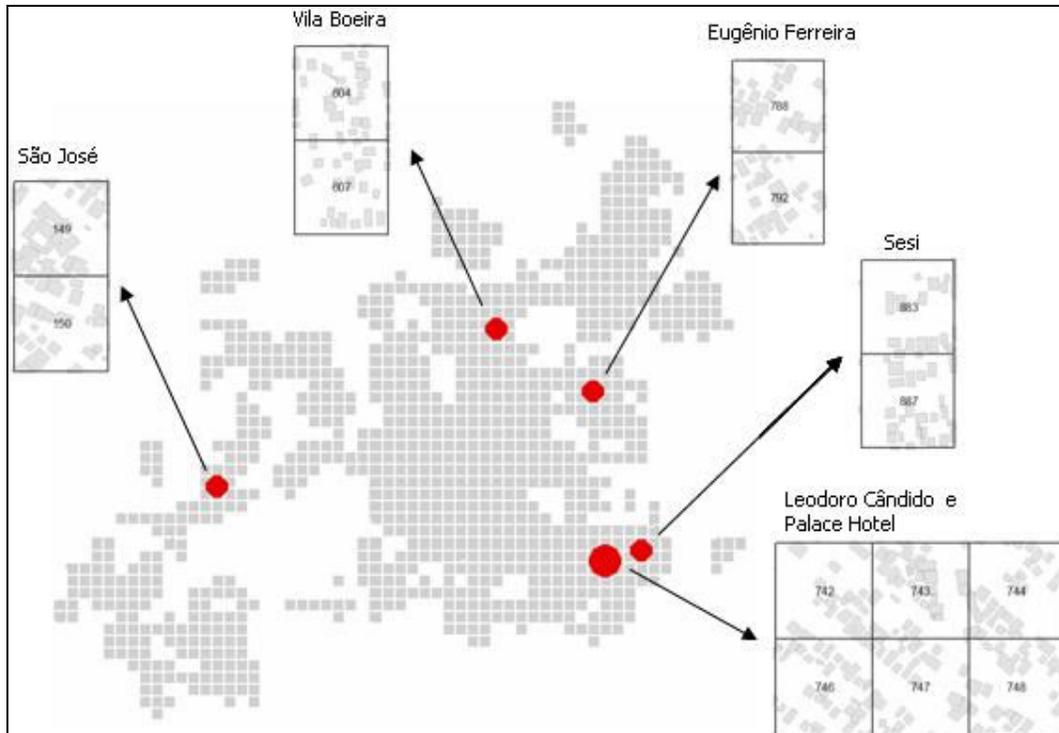


Figura 4.24: Amostra para categoria D

A Figura 4.25 apresenta as células da amostra para a categoria de análise E. Os dados relativos a IP, IR, D, L e PrecHab, para cada uma das 12 células contidas nesta amostra, estão contidos no Anexo I.

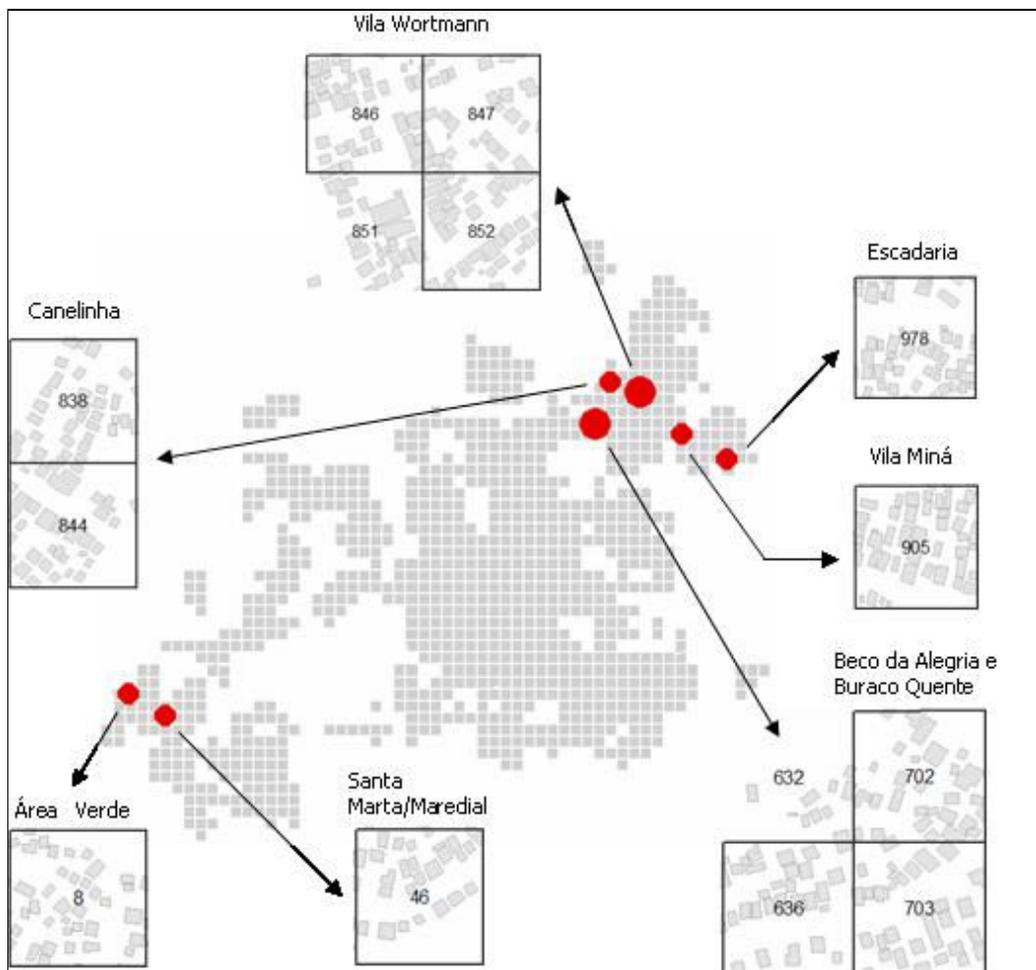


Figura 4.25: Amostra para categoria E

4.6.3 Resumo dos dados estatísticos

A Figura 4.26 apresenta os valores médios do Índice de Pavimentação por categoria de análise com base nos valores desse índice para as células amostrais. Como já era esperado, foi identificada uma relação inversamente proporcional entre o IP e a Precariedade Habitacional, onde o aumento do IP é acompanhado por uma diminuição da PrecHab. As categorias A-Cen, A-Res e B possuem o valor máximo de IP, não sendo possível diferenciá-los entre si segundo esta variável. A seguir, as categorias C, D e E apresentam valores progressivamente decrescentes de IP.

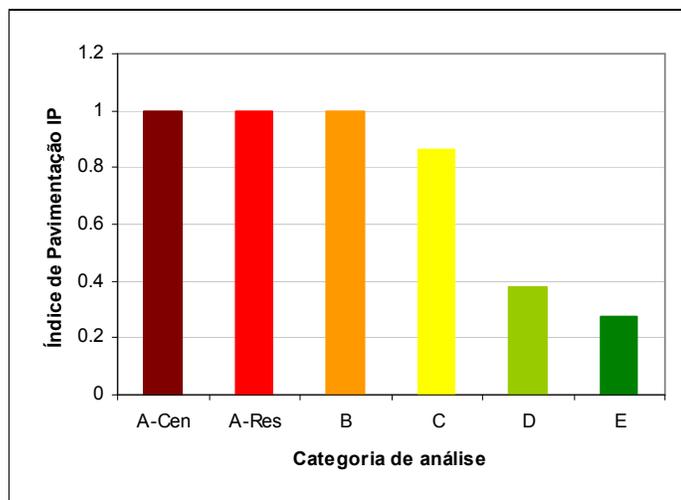


Figura 4.26: Índice de pavimentação por categoria de análise

A Figura 4.27 apresenta os valores médios do Índice de Renda por categoria de análise com base nos valores desse índice para as células amostrais. De forma anômala e inesperada, ao contrário da relação entre IP e PrecHab, identificamos uma relação diretamente proporcional entre o IR e a Precariedade Habitacional, onde o aumento do IR é acompanhado por um aumento da PrecHab. As categorias B e C possuem valores próximos de IR, não sendo facilmente diferenciados por esta variável. A categoria A-Res foge à regra geral, apresentando uma concentração de baixa renda superior às categorias B e C. Esta situação deve-se ao fato da existência de assentamentos de baixa renda nas proximidades dos condomínios residenciais de alta renda situados em posição periférica ao centro urbano. Outro ponto que explica tal comportamento anômalo dessa relação entre IR e PrecHab reside no fato de que os setores censitários são muitas vezes grandes, possuindo heterogeneidade da população neles contidas. Sendo assim, sua desagregação espacial deve ser pensada como alternativa de resolução neste caso.

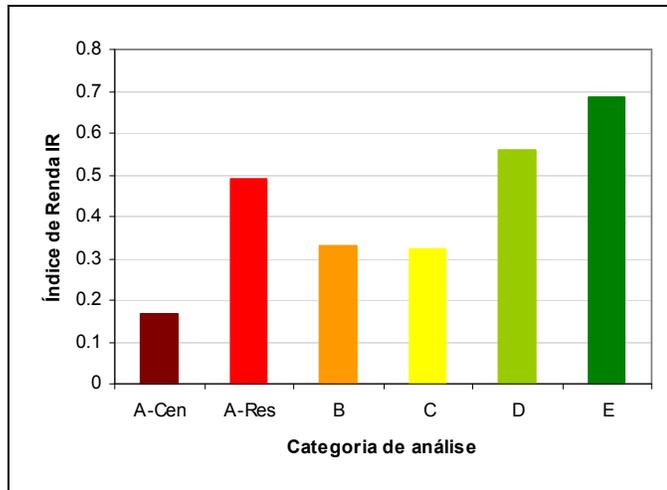


Figura 4.27: Índice de renda por categoria de análise

A Figura 4.28 apresenta os valores médios da Dimensão Fractal por categoria de análise com base nos valores dessa medida para as células amostrais. Identificamos uma relação diretamente proporcional entre o D e a Precariedade Habitacional para as categorias A-Res, B, C, D e E, onde o aumento de D é acompanhado por um aumento da PrecHab. A categoria A-Cen possui um comportamento anômalo a esta regra, possuindo um D muito similar à categoria E, apesar de representarem valores muito distintos de precariedade habitacional. As categorias A-Cen e E, apesar de possuírem diferentes níveis de qualidade habitacional, tem uma grande similaridade em termos do padrão geométrico fractal, com grande heterogeneidade de formas e menos vazios. A diferenciação com a categoria A-Res deve-se à predominância de edificações multi-familiares no eixo central da cidade, representado pela categoria A-Cen.

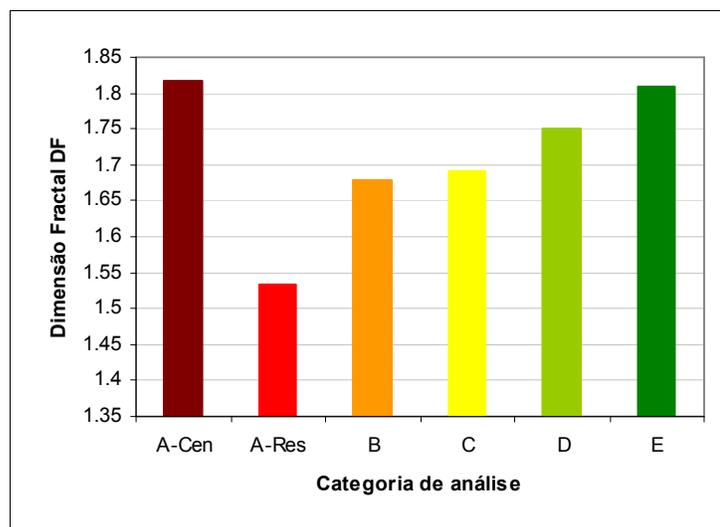


Figura 4.28: Dimensão Fractal por categoria de análise

A Figura 4.29 apresenta os valores médios da Lacunaridade por categoria de análise com base nos valores dessa medida para as células amostrais. Identificamos uma relação inversamente proporcional entre a L e a Precariedade Habitacional para as categorias A-Res, B, C, D e E, onde o aumento de L é acompanhado por uma diminuição da PrecHab. A categoria A-Cen novamente possui um comportamento anômalo a esta regra, possuindo um L ainda inferior à categoria E, apesar de possuir um nível superior de precariedade habitacional.

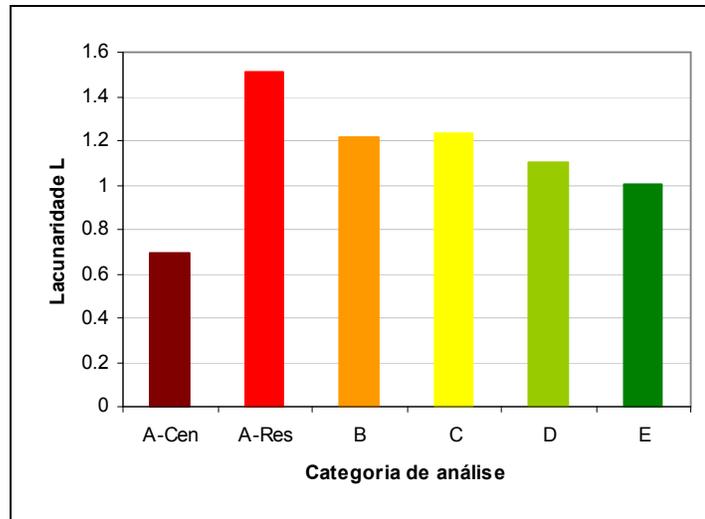


Figura 4.29: Lacunaridade por categoria de análise

Através do resumo dos dados estatísticos para as amostras podemos ver que existe uma relação genérica de comportamento entre as variáveis selecionadas e a precariedade habitacional. Porém, para todos os casos, individualmente, houve a ocorrência de desvios à regra genérica. Isto demonstra que nenhuma variável isoladamente consegue descrever com acurácia a situação da precariedade habitacional. O emprego de um conjunto de variáveis pode eliminar as distorções individuais, e por complementariedade, permitir a estimativa do comportamento da precariedade habitacional. Isto é avaliado nas análises estatísticas das seções a seguir.

4.6.4 Análise de correlação entre as variáveis independentes

Nesta pesquisa estamos trabalhando com a hipótese de que dados infra-estruturais, de renda e morfológicos são capazes, de forma integrada, de estimar a localização de assentamentos urbanos precários e o nível relativo de precariedade destas localidades.

Em uma análise estatística onde uma variável dependente (variável explicada) é função de um conjunto de variáveis independentes (variáveis explicativas), não deve existir um alto valor de correlação entre as variáveis independentes.

Dessa forma, inicialmente desenvolvemos um processo de avaliação da correlação entre o índice de pavimentação, o índice de renda, a Dimensão Fractal e a Lacunaridade, para as 67 células amostrais selecionadas. A Tabela 4.2 resume os resultados destas análises estatísticas.

Tabela 4.2: Índice de Correlação (R) e Índice de Determinação (R^2) entre as variáveis independentes para as amostras

	IP	IR	D	L
IP	--	--	--	--
IR	R: - 0,59 R ² : 34,4%	--	--	--
D	R: - 0,38 R ² : 14,7%	R: + 0,10 R ² : 1,1%	--	--
L	R: + 0,19 R ² : 3,8%	R: + 0,08 R ² : 0,6%	R: - 0,87 R ² : 76,2%	--

Verificamos que existe independência estatística entre as variáveis infraestruturais (pavimentação, IP), de renda (IR) e morfológicas (D e L). A partir dos valores apresentados na tabela acima, vemos os baixos índices de determinação (R^2) entre as variáveis: (i) 34,4% entre a pavimentação e a renda; (ii) 14,7% entre a pavimentação e a morfologia medida pela Dimensão Fractal; (iii) 3,8% entre a pavimentação e a morfologia medida pela Lacunaridade; (iv) 1,1% entre a renda e a morfologia medida pela Dimensão Fractal; (v) 0,6% entre a renda e a morfologia medida pela Lacunaridade.

As duas medidas morfológicas (Dimensão Fractal e a Lacunaridade) apresentaram alta correlação ente si, de 76,2%. Porém, como elas referem-se a diferentes aspectos de organização espacial em diversas escalas, devemos aprofundar a análise estatística para determinar o quanto individualmente e de forma combinada elas podem auxiliar na estimativa da precariedade habitacional. Estudos prévios já demonstraram que padrões espaciais com mesma Dimensão Fractal podem possuir diferentes níveis de Lacunaridade, e vice versa.

4.6.5 Análise de correlação entre a Precariedade Habitacional e as variáveis independentes

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver um modelo capaz de estimar com bons níveis de precisão a localização de assentamentos precários e seu nível relativo de precariedade habitacional. Dessa forma, preliminarmente, avaliamos a capacidade individual de cada variável independente (pavimentação, renda e morfologia) em explicar o comportamento da variável dependente (precariedade habitacional). Essa capacidade foi medida através do índice de correlação (R) e do índice de determinação (R^2) em uma análise estatística de regressão linear entre variáveis para os valores respectivos às 67 células amostrais.

4.6.5.1 Correlação entre a precariedade habitacional e a infra-estrutura urbana

Existe uma alta correlação entre a precariedade habitacional e o índice de pavimentação para as amostras analisadas. A análise de regressão resultou em um índice de correlação de -0,74 (R^2 54,5%). O valor negativo indica uma relação inversamente proporcional, ou seja, a precariedade habitacional aumenta com a diminuição da proporção de pavimentação das vias. A Figura 4.30 apresenta a reta de regressão entre as variáveis PrecHab x IP.

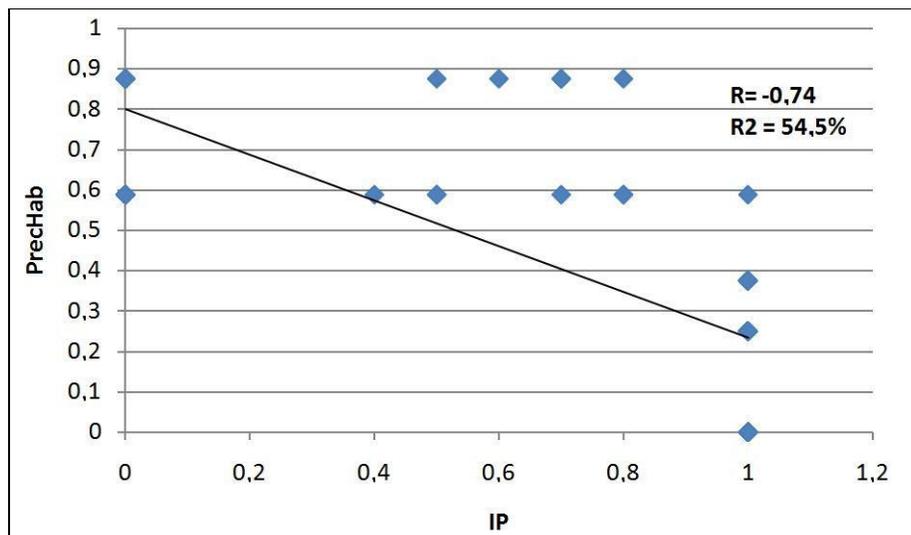


Figura 4.30: Reta de regressão das variáveis PrecHab x IP

4.6.5.2 Correlação entre a precariedade habitacional e a renda urbana

Existe uma média correlação entre a precariedade habitacional e o índice de renda para as amostras analisadas. A análise de regressão resultou em um índice de correlação de 0,67 (R^2 45,4%). O valor positivo indica uma relação diretamente proporcional, ou seja, a precariedade habitacional aumenta com o aumento do índice de renda, que representa a concentração da pobreza urbana. A Figura 4.31 apresenta a reta de regressão entre as variáveis PrecHab x IR.

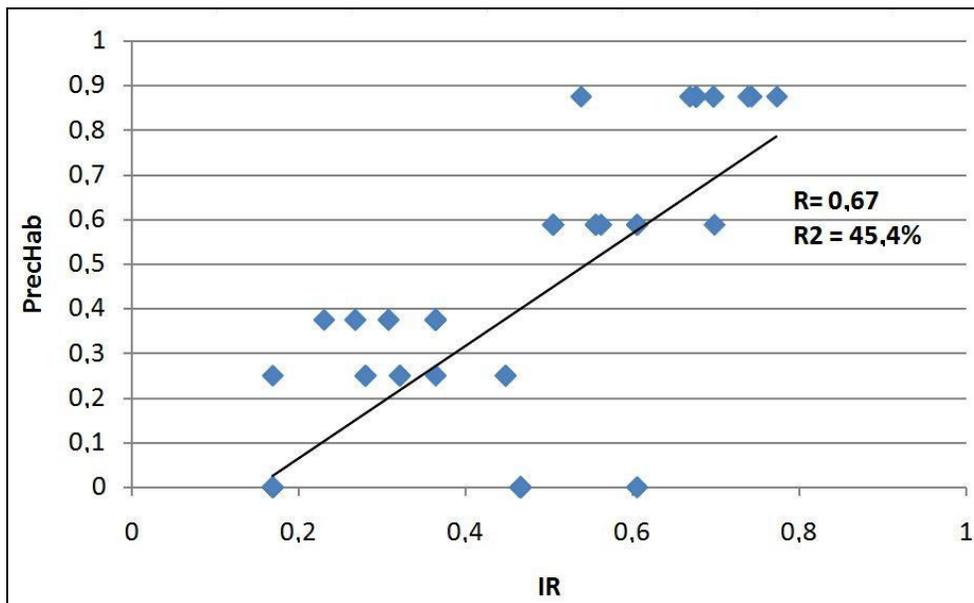


Figura 4.31: Reta de regressão das variáveis PrecHab x IR

4.6.5.3 Correlação entre a precariedade habitacional e a morfologia urbana

(i) Dimensão Fractal

Existe uma correlação média entre a precariedade habitacional e a Dimensão Fractal para as amostras analisadas. Quando todas as células amostrais foram analisadas, o teste de regressão resultou em um índice de correlação de 0,52 (R^2 27,2%).

Tendo em vista que foi verificada a inabilidade desta medida fractal em diferenciar as categorias A-Res e E, por possuírem medidas morfológicas semelhantes e níveis de precariedade habitacional muito diferentes, repetimos o teste de regressão para 61 células da área de estudo, excluindo as células representativas da categoria A-Res. Nesta situação, com 99% das células amostrais, a correlação entre as variáveis aumentou significativamente para 0,73 (R^2 53,5%).

Para ambas situações, a relação é diretamente proporcional, ou seja, o aumento do valor da Dimensão Fractal está associado a um aumento da precariedade habitacional. A Figura 4.32 apresenta as retas de regressão entre as variáveis PrecHab x D para as duas análises estatísticas desenvolvidas.

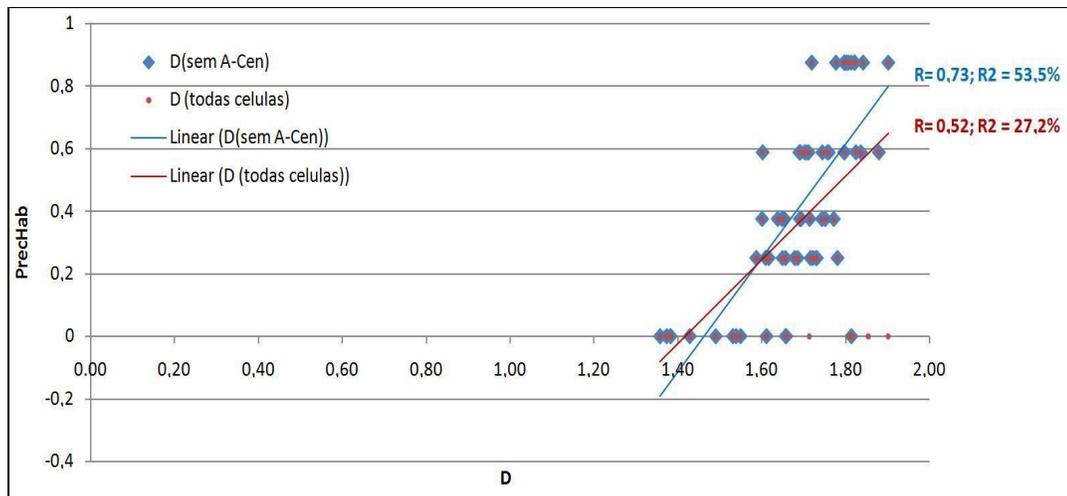


Figura 4.32: Retas de regressão das variáveis PrecHab x D

(ii) Lacunaridade

Existe uma correlação baixa entre a precariedade habitacional e a Lacunaridade para as amostras analisadas. Quando todas as células amostrais foram analisadas, o teste de regressão resultou em um índice de correlação de $-0,27$ (R^2 7,4%).

Tendo em vista que foi verificado a inabilidade desta medida fractal em diferenciar as categorias A-Res e E, repetimos o teste de regressão para 61 células da área de estudo, excluindo as células representativas da categoria A-Res. Nesta situação, com 99% das células amostrais, a correlação entre as variáveis aumentou significativamente para $-0,60$ (R^2 35,5%).

Para ambas situações, a relação é inversamente proporcional, ou seja, o aumento do valor da Lacunaridade está associado a uma diminuição da precariedade habitacional. A Figura 4.33 apresenta as retas de regressão entre as variáveis PrecHab x L para as duas análises estatísticas desenvolvidas.

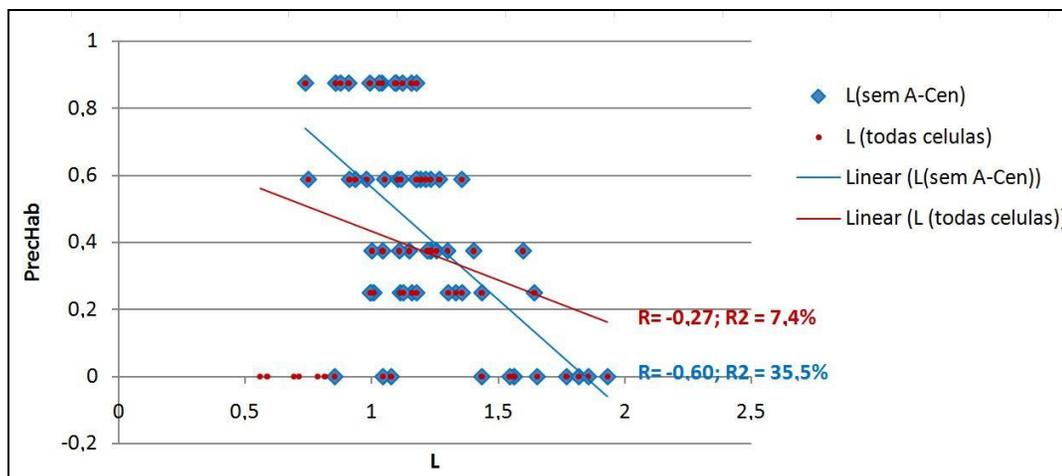


Figura 4.33: Retas de regressão das variáveis PrecHab x L

(iii) Integração da Dimensão Fractal e da Lacunaridade

A Dimensão Fractal e a Lacunaridade são medidas complementares de morfologia urbana. Padrões com mesma Dimensão Fractal podem ter diferentes valores de Lacunaridade, e vice-versa. Dessa forma, apesar de apresentarem elevada correlação estatística entre si, elas avaliam aspectos diferentes dos padrões espaciais urbanos, podendo assim ser utilizadas em conjunto. Isto é melhor demonstrado quando desenvolvemos a análise de regressão para a precariedade habitacional como uma função das duas medidas morfológicas (regressão múltipla). O resultado é um aumento significativo do nível de correlação, para 0,64 para todas as células amostrais (41,3%) e 0,74 quando a análise desconsidera as células da categoria A-Res (54,8%).

4.6.5.4 Análise de correlação entre múltiplas variáveis

Nas análises estatísticas anteriores, podemos verificar que existe independência estatística entre as variáveis independentes, e que todas elas, individualmente, tem um poder explicativo significativo, em maior ou menor grau, para o comportamento da variável dependente. Vamos analisar agora o quanto a integração das variáveis independentes permitem uma melhor estimativa da precariedade habitacional. Isto é desenvolvido através do processo de regressão linear múltipla. Da mesma forma como na regressão simples, os índices de correlação e de

derterminação servem de medida da qualidade do modelo de estimação. A Tabela 4.3 resume os resultados destas análises estatísticas.

Tabela 4.3: Análise de regressão múltipla para estimativa da precariedade habitacional com base nas amostras

PrecHab como função de:	R	R ²
IP e IR	0,79	63,3
D e L	0,64	41,6
IP e D	0,78	61,2
IP e L	0,75	56,2
IR e D	0,81	66,0
IR e L	0,75	56,0
IP, IR e D	0,85	72,9
IP, IR e L	0,82	67,6
IP, IR, D e L	0,87	75,7

Comparando os resultados da regressão múltipla com a regressão simples, observamos que a integração das variáveis independentes permitiram uma melhoria da capacidade de estimativa da variável dependente. A melhor situação foi a do uso de todas as quatro variáveis, IP, IR, D e L, atingindo uma correlação da ordem de 0,87. O segundo melhor resultado foi a integração de três variáveis, o IP, IR e D, com um índice de correlação de 0,85. Em ambas situações medidas infra-estruturais, de renda e morfológicas estão presentes.

A Tabela 4.4 apresenta as estatísticas para a situação excluindo as células da categoria A-Res. Ocorre uma elevação dos níveis de correlação, porém em um nível negligenciável. Dessa forma, podemos supor que as medidas de renda e de infraestrutura são capazes de compensar o comportamento anômalo da categoria A-Res em termos da sua morfologia e seus parâmetros fractais.

Tabela 4.4: Análise de regressão múltipla para estimativa da precariedade habitacional com base nas amostras, excluindo as células da categoria A-Res

PrecHab como função de:	R	R ²
IP e IR	0,79	63,3
D e L	0,74	55,5
IP e D	0,84	71,2
IP e L	0,81	64,9
IR e D	0,84	70,0
IR e L	0,77	58,6
IP, IR e D	0,86	75,1
IP, IR e L	0,84	69,9
IP, IR, D e L	0,88	76,5

4.6.6 Formulação do modelo de estimativa da precariedade habitacional

Após as avaliações estatísticas de relacionamento e dependência entre variáveis estudadas, podemos finalmente formular o modelo matemático.

Uma maneira de desenvolver o modelo seria a utilização direta da equação matemática resultante do processo de regressão linear múltipla entre as variáveis. A equação 4.3 abaixo apresenta a formulação do modelo matemático resultante da análise de regressão da precariedade habitacional (PrecHab) como função das variáveis índice de pavimentação (IP), índice de renda (IR), Dimensão Fractal (D) e Lacunaridade (L) para todas as 67 células da amostra.

$$PrecHab = -3,2999 - (0,3049 * IP) + (0,8600 * IR) + (1,8551 * D) + (0,3670 * L) \quad \text{Equação 4.3}$$

Uma limitação deste modelo é que ele é extremamente dependente dos valores das amostras selecionadas. Isto torna o modelo suscetível a falhas, pois o dado que está sendo estimado, o nível de precariedade habitacional, com valores em uma escala numérica de 0 a 1, parte de uma avaliação qualitativa.

Dessa forma, na busca de uma abordagem com maior capacidade de generalização, desenvolvemos um modelo numérico mais simplificado, utilizando a metodologia da combinação linear ponderada de critérios. Os critérios correspondem aos três tipos de

variáveis, de infra-estrutura, de renda e morfológico. Neste caso, o modelo toma a forma genérica da equação 4.4.

$$PrecHab = (MI * w_{MI}) + (MR * w_{MR}) + (MM * w_{MM}) \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde, *MI* é a medida de infraestrutura, *MR* é a medida de renda e *MM* é a medida morfológica, e *w* são os respectivos ponderadores da importância relativa de cada medida para explicar a precariedade habitacional, sendo o somatório dos ponderadores igual a 1. Os ponderadores das medidas são calibrados à localidade em estudo de acordo com sua capacidade explicativa do fenômeno modelado, medidos através de suas correlações individuais.

A Tabela 4.5 apresenta os critérios, variáveis e ponderadores para o caso da área de estudo desta pesquisa, Canela. A medida de infraestrutura é dada pela expressão $(1 - P)$, pelo fato do índice de pavimentação ter relação inversamente proporcional à precariedade habitacional. A medida de renda é dada diretamente pelo índice de renda. A medida morfológica possui dois componentes, dados pelas variáveis Dimensão Fractal (*D*) e Lacunaridade ($1 - L$, em função da relação inversamente proporcional com a precariedade habitacional), respectivamente. O índice de correlação mede a capacidade individual de cada variável em estimar a precariedade habitacional, sendo menor quanto mais próximo de zero, e maior quanto mais próximo de 1 ou -1. O sinal negativo do índice de correlação indica apenas que a relação é inversamente proporcional. Ou seja, um índice de correlação de 0,8 e -0,8 possuem a mesma capacidade explicativa. Dessa forma, o *IP* é a variável com maior capacidade explicativa da precariedade habitacional, sendo seguido, em ordem decrescente, pelo *IR*, *D* e *L*, respectivamente. Os ponderadores das variáveis são calculados proporcionalmente aos módulos dos índices de correlação, submetidos à regra de que seu somatório resulte no valor 1.

Tabela 4.5: Critérios e ponderadores do modelo de estimativa da precariedade habitacional

Critério		Variável independente	Índice de correlação da variável com PrecHab (R)	Ponderador da variável
Mérida de infra-estrutura	MI	(1 - IP)	-0,74	0,34
Mérida de renda	MR	IR	0,67	0,30
Mérida de morfologia	MMI	D	0,52	0,24
	MMD	(1 - L)	-0,27	0,12
				Soma = 1

Para o caso de Canela, com base nos parâmetros da Tabela 4.5, estruturou-se o modelo matemático apresentado na Equação 4.5. Podemos ver que existe uma proporcionalidade compartilhada entre as três medidas na explicação e estimação da precariedade habitacional, onde cada uma delas responde por cerca de 1/3 (infraestrutura: 0,34; renda: 0,30; e morfologia: 0,36).

$$PrecHab = [0,34 * (1 - IP)] + (0,30 * IR) + (0,24 * D) + [0,12 * (1 - L)] \quad \text{Equação 4.5}$$

4.7 Aplicação e avaliação do modelo de estimativa da precariedade habitacional

O modelo estruturado a partir das 67 células amostrais, deve agora ser aplicado a toda a área de estudo, ou seja, para as 1.009 células que cobrem a área urbanizada de Canela. Dessa forma, a equação 4.5 foi aplicada a todas as células da área de estudo através da funcionalidade de álgebra de mapas dentro do sistema de informações geográficas. Esse processo é desenvolvido pelo cálculo da precariedade habitacional (PH) em cada célula da área de estudo através da identificação dos valores numéricos representativos de seus indicadores morfológicos, de renda e infraestruturas e respectivos pesos. Cada indicador é representado através de um mapa raster. O valor resultante é acumulado em um novo mapa raster, com mesma configuração de células da grade de análise inicial. A Figura 4.34 ilustra a aplicação desse método para uma célula. O processo é repetido para todas as células da grade de análise simultaneamente.

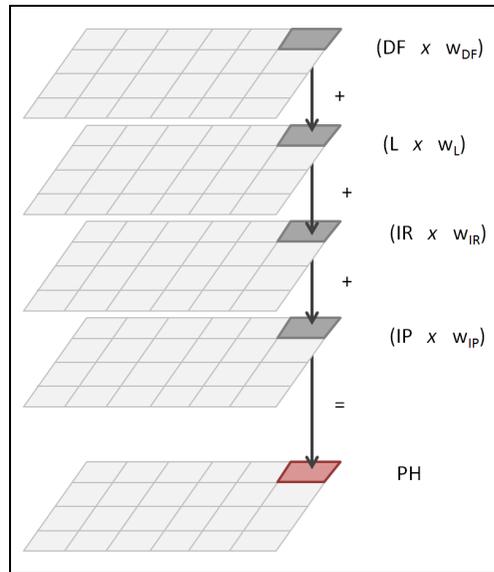


Figura 4.34: Cálculo da Precariedade Habitacional através de álgebra de mapas em SIG

A Figura 4.35 apresenta o mapa resultante desse processo para a área urbana de Canela. O mapa mostra a distribuição geográfica na grade de análise da precariedade habitacional, em uma escala de 0 (precariedade habitacional inexistente) a 1 (precariedade habitacional máxima).

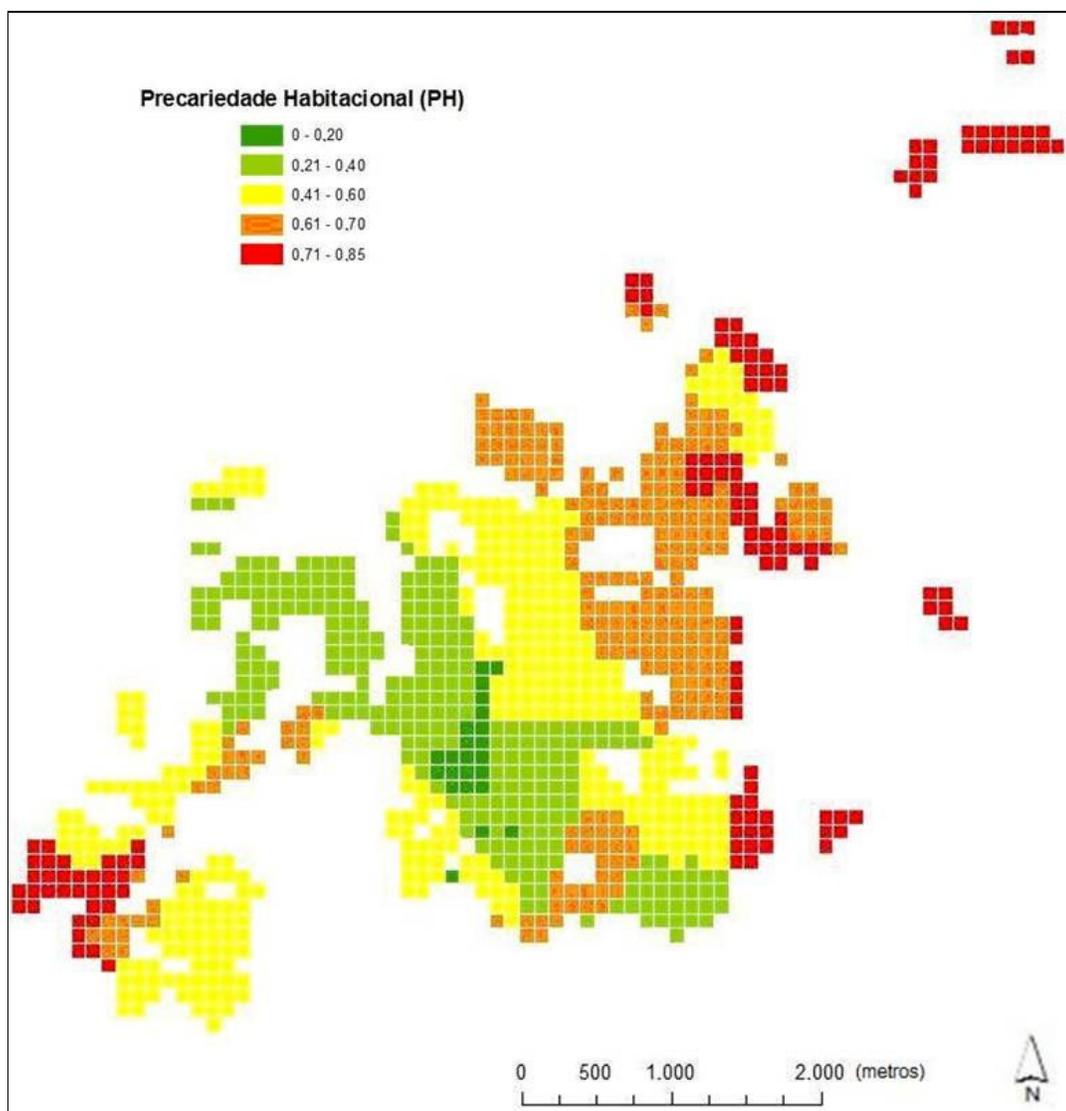


Figura 4.35: Precariedade Habitacional em Canela estimada pelo modelo proposto

Pode-se observar que os níveis elevados de precariedade concentram-se nas periferias da sede urbana, sendo que a precariedade aumenta com o distanciamento do centro da cidade. O núcleo central e as imediações do mesmo possuem as melhores condições de habitabilidade. As poucas áreas excêntricas com elevada qualidade habitacional referem-se aos condomínios fechados de alta renda.

A Figura 4.36 apresenta a divisão das células da área de estudo em termos de seus níveis de precariedade habitacional, conforme a classificação utilizada no mapeamento ilustrado na Figura 4.30. Cerca de 1/3 do território urbano possui os menores valores de PH, indicando as melhores condições de habitabilidade na cidade. Subsequentemente, aproximadamente 1/3 da

sede urbana possui valores intermediários, indicando boas condições de habitabilidade urbana, com potencialidade para aprimoramentos. Finalmente, pouco mais de 1/3 do território urbano de Canela apresentou valores significativamente elevados para a precariedade habitacional urbana, indicando áreas que devem necessariamente ser foco de atenção da administração local para inclusão dentro do processo de planejamento e gestão da habitação no município.

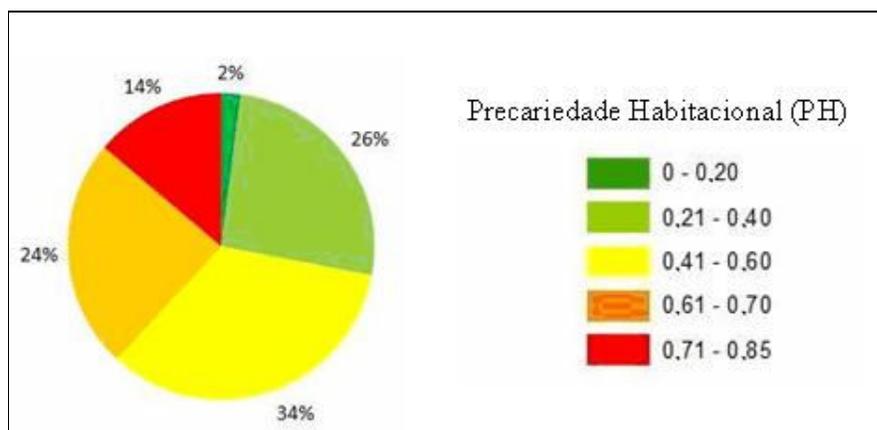


Figura 4.36: Distribuição da Precariedade Habitacional estimada para Canela

Apesar de Canela possuir a maior parcela de seu território urbano com bons níveis de habitabilidade, existe uma significativa quantidade de área que requer atenção do governo em programas de melhoramentos habitacionais urbanos.

4.8 Conclusões

A aplicação do modelo de caracterização da precariedade habitacional urbana no município de Canela derivou em um conjunto de resultados positivos.

Primeiro, o modelo demonstrou possuir uma adequada capacidade de mapeamento da precariedade habitacional urbana, em termos da sua localização geográfica. Dessa forma, o modelo pode potencialmente servir como instrumento de auxílio ao planejamento habitacional, resultando em indicações de locais onde o poder público deve dar atenção em programas de melhoramentos habitacionais.

Segundo, as medidas morfológicas conseguem diferenciar padrões de habitabilidade urbana, porém, não foram capazes, no caso de Canela, de servir como única forma de caracterização (D e L explicam 55.5% do fenômeno investigado). Para tanto, o estudo de caso demonstrou que as duas medidas adicionais selecionadas, de renda e infraestrutura, foram capazes de transpor a limitação das medidas morfológicas, aumentando a capacidade de mapeamento do modelo para 76.5%.

Terceiro, o modelo utiliza poucos dados, e usa sistemas de informações geográficas gratuitos como plataforma. Atualmente SIGs são de fácil acesso e uso generalizado. Muitas administrações municipais já possuem sistemas e profissionais habilitados em seu uso. As operacionalidades utilizadas no SIG são majoritariamente básicas e de fácil execução. As medidas morfológicas baseadas em geometria fractal foram criadas utilizando-se um software livre. Apesar do fácil acesso ao software, sua aplicação requereu um processo repetitivo para as 1,000 células da área de estudo. Um aprimoramento importante para o método proposto envolve a estruturação de um componente que efetue a análise morfológica dentro de um SIG de forma automatizada para toda a área de estudo.

O capítulo 5 seguinte, de conclusões, ampliará a avaliação da aplicação do modelo, considerando os objetivos da pesquisa apresentados no capítulo 1 e o contexto científico, tecnológico, social e político da habitabilidade urbana apresentados no capítulo 2. Ainda, discutirá sobre as potencialidades do modelo como instrumento de planejamento, suas limitações, e os possíveis aprimoramentos em pesquisa futura.

CONCLUSÕES 5

As cidades brasileiras contemporâneas e seus assustadores (e conhecidos) problemas precisam, urgentemente, ser entendidos como partes fundamentais da nossa questão nacional. Resultado da combinação complementar da livre mercantilização e perversa política tolerante a todos os mecanismos de apropriação do solo urbano, tal questão ratifica a sentença de Celso Furtado de que somos uma *nação inacabada* (Furtado, 1992).

Ao adentrarmo-nos no escopo urbanístico, podemos também afirmar que possuímos *cidades inacabadas*, dado que estas demonstram uma grande incapacidade de gestão, mediação ou integração das distintas classes e grupos sociais nelas inseridas. E, mesmo que haja um prolífico discurso relativo ao direito à cidade, de forma sintética nota-se que este não define de forma efetiva quaisquer metas ou estratégias que venham a enfrentar os reais problemas urbanos.

Dessa forma, constata-se que nunca as cidades brasileiras necessitaram tanto de ações, estratégias, métodos inovadores e políticas públicas que limitem a perspicaz e mercadológica apropriação excludente das terras urbanas e controlem suas conseqüências deletérias.

É necessária a consideração de que, muito embora pesem as inegáveis melhorias das condições de vida urbana, os problemas estruturais urbanos que geram condições de vulnerabilidade e precariedade persistem nas cidades brasileiras. O mercado fundiário e imobiliário, ao se associar a investimentos públicos de infraestrutura urbana, produz uma severa desigualdade de ocupação dos espaços das cidades, cuja representação espacial mais explícita se expressa por áreas produzidas de forma irregular. Nestes espaços, apropriados pela parcela mais pobre da população, a instalação de atributos básicos para uma urbanização adequada se dá somente após o processo de ocupação e edificação, estando esta apropriação do solo urbano à margem das legislações e normas urbanísticas.

A omissão histórica do poder público em relação à provisão de áreas urbanas adequadas e ações de regulação e fiscalização destas mesmas resultou na proliferação de espaços urbanos irregulares. Ela ocorre tanto por meio da ocupação de terrenos por grupos de famílias de baixo poder aquisitivo que têm necessidades habitacionais emergentes, quanto pela construção de loteamentos clandestinos que são comercializados de forma irregular. Tais processos criam assentamentos precários, cuja carência de infraestrutura urbana e precariedade habitacional se expõem como principais mazelas das cidades brasileiras.

A formação de áreas intra-urbanas pobres e de assentamentos precários é parte intrínseca desse processo de urbanização e o objetivo de gerar adequadas condições de habitabilidade e qualidade de vida à população constitui uma aspiração dos governos. Entretanto, o tamanho e complexidade do problema da habitabilidade urbana é, normalmente, maior que os recursos financeiros e o conhecimento profissional disponíveis. Sendo assim, fato é que vivemos hoje um momento crucial de transformações das cidades de países em desenvolvimento, o qual nos coloca a imperativa necessidade de atuar na questão da precariedade habitacional urbana brasileira através um planejamento e coordenação de ações de longo prazo, como também através do desenvolvimento de novas ferramentas para auxiliar tal planejamento.

A presente pesquisa insere-se exatamente nessa necessidade; ou seja, no desenvolvimento de novos métodos e ferramentas de suporte e apoio que atuem sobre a problemática da precariedade habitacional urbana.

Dado que objetivou o desenvolvimento e teste de uma metodologia para mapeamento da precariedade habitacional, tendo o município de Canela como objeto de estudo e o Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS como base teórica e de dados, tal caracterização focou a questão da distribuição geográfica, devendo ser capaz de identificar as desigualdades dentro do espaço urbano, onde há aglomerados concentradores de precariedade habitacional. Tal objetivo foi alcançado, posto que o modelo desenvolvido demonstrou uma capacidade de mapeamento da precariedade habitacional, na área de estudo, muito próxima da realidade estabelecida.

Dessa maneira, conclui-se que o modelo alcançou o objetivo proposto, dado que apresentou uma adequada capacidade de mapear a precariedade habitacional, seja quanto à

localização geográfica dos assentamentos ou quanto aos seus diferentes níveis de precariedade.

Conclui-se então, que o estudo desenvolvido nesta pesquisa e aplicado no município de Canela apresentou uma série de pontos positivos. Primeiramente, o modelo proposto demonstrou uma real potencialidade de servir como instrumento de apoio na área do planejamento habitacional urbano, posto que indicou geograficamente áreas onde os setores públicos responsáveis devem estabelecer ações corretivas.

A capacidade de mapeamento dos problemas habitacionais desenvolvida pelo modelo é muito importante, especialmente no contexto de recursos limitados existente no Brasil para gestão dos problemas habitacionais. Ter conhecimento da localização dos problemas habitacionais mais sérios serve para focalizar as ações corretivas, de acordo com os seus custos e recursos disponíveis, priorizando-se solucionar os problemas mais emergenciais.

Os processos de planejamento habitacionais no Brasil devem seguir um processo participativo, de consulta, debate e consenso das ações junto aos agentes urbanos envolvidos, conforme o modelo proposto pelo Ministério das Cidades. Nesses processos participativos, diferentes interesses estão presentes, representando agentes urbanos (governo, comunidade, setor imobiliário, ambientalistas etc) com objetivos diversos, as vezes conflitantes, e também forças políticas diferenciadas. O método desenvolvido não pretende ser uma solução tecnocrática que substitua o importante processo de debate entre as partes envolvidas no problema. Porém, é importante salientar que seus resultados servem para informar os agentes envolvidos sobre a situação geral de uma dada localidade em termos dos problemas de precariedade habitacional urbana. Tal informação pode auxiliar em que os agentes envolvidos, normalmente bem informados de suas problemáticas particulares, ganhem uma visão mais ampla da problemática habitacional em sua cidade. Com essa visão mais ampla, os agentes podem, por exemplo, perceber que seu problema individual é inferior aos problemas experienciados por outras comunidades, e tornar-se sensível a um planejamento de ações que priorize estes casos.

No escopo metodológico, um ponto positivo a ser relatado diz respeito ao uso de geotecnologias para a implementação do método proposto. Para a realização do mapeamento de áreas com precariedades habitacionais em Canela, fez-se uso de Sistemas de Informações Geográficas – SIG enquanto plataforma. Tais sistemas são de fácil acesso e sua manipulação

por profissionais de administrações públicas municipais, que estejam habituados com essas tecnologias, se tornou comum e mais generalizada. Também o estudo e cálculo das medidas morfológicas urbanas, baseados na geometria fractal, os quais integram o método, foram obtidos por softwares livres, de acesso gratuito na Internet.

No tocante ao acréscimo dado por esta pesquisa que focaliza a problemática da precariedade habitacional urbana, pode-se concluir, de forma parcimoniosa, que houve uma real contribuição para o estado da arte vigente. A revisitação dos modelos e métodos urbanos empregados até então, expressos no capítulo dois, demonstraram o avanço da produção de conhecimento sobre a questão da habitabilidade urbana e, ao mesmo tempo, alicerçaram a potencialidade da metodologia desenvolvida e aplicada no presente estudo.

As medidas morfológicas conseguem diferenciar padrões de habitabilidade urbana, porém não foram capazes no caso de Canela de servir como medida única de caracterização (D e L explicam 55,5% do fenômeno investigado). O estudo de caso também confirmou que as duas medidas adicionais selecionadas nesta pesquisa, de renda e infraestrutura, foram capazes de transpor a limitação das medidas morfológicas, aumentando significativamente a capacidade preditiva do modelo para 76,5%.

Como toda pesquisa, que perscruta um determinado problema e almeja seu entendimento e solução, as limitações do modelo proposto nesta dissertação emergem com naturalidade. Na verdade, elas são os frutos de uma coerente análise criteriosa que percebe os limites alcançados pelo exercício científico. Mesmo que o método, aqui proposto, tenha sido capaz de mapear, hierarquizar e prever áreas com precariedades habitacionais, com elevada aproximação da realidade estabelecida e indicativa existência de correlação entre forma urbana, medidas fractais e indicadores sócio-econômicos, sua generalização ainda não é permitida. Somente uma extrapolação deste método, através da aplicação do mesmo em diferentes estudos de casos de semelhante natureza (cidades de pequeno e médio porte), pode vir a corroborar para a robustez da metodologia criada. Este é um importante exercício para pesquisa futura. Aplicação do modelo proposto em outras cidades brasileiras de pequeno e médio porte servirá para avaliar a capacidade do modelo em caracterizar a problemática habitacional em realidades semelhantes em escala, mas diferentes em seus detalhes e especificidades; analisando-se, comparativamente entre os estudos de casos, a correspondência entre a localização e nível de precariedade entre os modelos resultantes e a

realidade, o poder explicativo dos indicadores morfológicos, de renda e infraestruturas, os pesos dos diferentes indicadores etc.

A metodologia proposta nesta pesquisa usou mais de um sistema computacional para sua implementação: um software de geoprocessamento gvSIG (Anguix e Carrión, 2005) e dois softwares para análise morfológica através de geometria fractal – ImageJ (Rasband, 1997) e FracLac (Karperien, 1999). Estes dois softwares requeriram a transferência de arquivos repetidamente. Caso o modelo prove ser robusto e generalizável, após sua aplicação e avaliação em outros estudos de casos, uma outra rota de pesquisa futura para aprimoramento de modelo proposto seria o desenvolvimento de uma plataforma integrada dentro de um sistema de informações geográficas, capaz de realizar as tarefas desenvolvidas atualmente pelos dois softwares. Este desenvolvimento é importante considerando a intenção de seu uso em processos práticos e reais de planejamento habitacional urbano, pois facilitaria muito o uso do sistema por parte dos profissionais da administração pública. Um sistema mais automatizado, com melhor interface e maior rapidez de processamento também permitiria que a caracterização da precariedade habitacional possa ser monitorada com maior regularidade nas áreas urbanas em uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, P. M. (1997) *Cities and regions as evolutionary, complex systems*. Geographical Systems, 4, pp. 103-130
- Alves Junior, S. e Barros Filho, M. N. (2005) Enhancing urban analysis through lacunarity multiscale measurement. CASA Working Papers Series, Working paper 97, UCL/CASA, London, UK. <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper97.pD>.
- Anguix A., Carrión G. gvSIG (Anguix e Carrión, 2005): Open Source Solutions in spatial technologies. GIS Planet Estoril, Portugal, 2005.
- Backes, A. R.; Bruno, A. B.; Barros Filho, M. N. e Bruno, O. (2007) Análise da complexidade de texturas em imagens urbanas utilizando Dimensão Fractal. Anais do IX Brazilian Symposium in Geoinformatics, Campos do Jordão, Brasil, 25-28 novembro 2007, INPE, págs. 215-220.
- Barbedo, J. M. (2007) Textura da pobreza urbana: métodos de análise espacial de apoio à formulação de políticas urbanas de redução da pobreza em regiões metropolitanas da África Sub-Sahariana – o caso de Luanda. Dissertação de Mestrado, Secção de Planeamento do Território e Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.
- Barros, J. X. e Sobreira, F. (2002) City of slums: self-organisation across scales. CASA Working Papers Series, Working paper 55, UCL/CASA, London, UK. <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper55.pD>.
- Barros, J. X. (2004) Urban growth in latin american cities: exploring urban dynamics through agent-based simulation. PhD Thesis, Bartlett School of Architecture and Planning, UCL, London, UK, October.
- Barros Filho, M. N. e Sobreira, F. (2005) Assessing texture pattern in slum across scales – an unsupervised approach. CASA Working Papers Series, Working paper 87, UCL/CASA, London, UK. <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper87.pD>.
- Barros Filho, M. N. (2007) A morfologia da habitabilidade intra-urbana: o uso de imagem CBERS-2 na análise de padrões morfológicos no Recife. Anais do XIII Simpósio

- Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, pág. 769-776.
- Batty, M. and Longley, P. (1994) *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*. Academic Press, UK.
- Batty, M. (2007) *Complexity in city systems: understanding, evolution and design*. CASA Working Papers Series, Working paper 117, UCL/CASA, London, UK. <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper117.pD>.
- Brasil (2001) *Estatuto das Cidades*. Lei Federal no. 10.257 de 10 de julho de 2001. http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm.
- Brasil (2011) Ministério das Cidades. Plano Nacional de Habitação. <http://www.cidades.gov.br>
- Clarke, K. C.; Hoppen, S.; Gaydos, L. (1997) *A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area*. *Environment and Planning B*, v.24, n.2, p.247-261.
- Clarke, K. C.; Gaydos, L. J. (1998) *Loose-Coupling a Cellular Automaton Model and GIS: Long-Term Urban Growth Predictions for San Francisco and Baltimore*. *International Journal of Geographic Information Science*, v.12, p.699-714.
- Corrêa, R. L. (1995) *O espaço urbano*. São Paulo: Ática, 94 p.
- Couclelis, H. *Macrostructure and Microbehavior in a Metropolitan Area*. *Environment and Planning B*, v.16, p.141-154, 1989.
- DEM HAB / PMPA (2000) *Política de Habitação Popular – 1997/2000*. Prefeitura de Porto Alegre, Porto Alegre.
- Farret, R. (1985) *Paradigmas de Estruturação do Espaço Residencial Intra-Urbano*. São Paulo: Ed. Projeto.
- FGV – Fundação Getúlio Vargas (2003) *Por dentro do déficit habitacional brasileiro: evolução e estimativas recentes*. FGV, setembro de 2003.
- FJP – Fundação João Pinheiro (1995) *Déficit Habitacional no Brasil*. Fundação João Pinheiro, Centro de Estudos Políticos e Sociais. Belo Horizonte, 1995.
- FJP – Fundação João Pinheiro (2006) *Déficit Habitacional no Brasil 2005*. Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. Belo Horizonte, 2006.

- FJP – Fundação João Pinheiro (2007) Centro de Estatística e Informações. *Déficit habitacional no Brasil, 2007*. Convênio PNUD/Ministério das Cidades, Belo Horizonte, Belo Horizonte.
- Frankhauser, P. (1994) *La fractalité des structures urbaines*. 1. Ed. Paris: Anthropos-Economica.
- Furtado, C. (1992) *Brasil, a construção interrompida*. São Paulo: Ed. Paz e Terra.
- Guglielmo, R. (1996) *Les grandes métropoles du monde et leur crise*, Ed. A. Colin, Paris.
- Hayles, N. K. (1990) *Chaos bound: orderly disorder in contemporary literature and science*. 1. Ed. Londres: Cornell University.
- Hott, M. C.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A. S.; Griffith, J. J. (2005) Análise fractal de textura usando um operador de Hurst em uma imagem TM/Landsat 5. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais. Goiânia: SBSR, p. 4.089 – 4.093.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1998) “Anuário Estatístico do Brasil - 1997”, Rio de Janeiro.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) Censo 2010.
<http://www.ibge.gov.br/home/>
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (1998) *Texto para discussão nº 559 – O déficit habitacional brasileiro: um mapeamento por unidades da federação e por níveis de renda domiciliar*. Robson R. Gonçalves. IPEA, Rio de Janeiro, abril de 1998.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2002) Instrumentos de planejamento e gestão urbana: Porto Alegre. Volume 6, Série Gestão e uso do solo e disfunções do crescimento urbano. IPEA, Brasília, Brasil, 2002.
- Karperien, A., FracLac for ImageJ, version 2.5. [Introduction.htm](#). 1999-2007.
- Leão, D. Z. e Leão, S. Z. (2007) Sistemas de informações geográficas no estudo da lógica locacional de assentamentos irregulares: o caso de Gravataí, RS. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, pág. 5341-5348.
- Lei 11.124, de 16 de junho de 2005: Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS.

- Mandelbrot, B. B. (1983) *The fractal geometry of nature*. 1. ed. New York, USA: Freeman.
- Maricato, E. (1988) *Problemas e Mitos na Luta Pela Moradia*. In: *Travessia*. Revista do Migrante. Cidade e o Embate Pela Vida. Campinas, São Paulo.
- Maricato, E. (1996) *Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência*. São Paulo: Hucitec.
- Martins, A. M. S. M. (2006) Refractalising the cities. Study of case: São Paulo strategic master plan (2002). In: *International PhD Seminar Urbanism & Urbanization*, Anais. Veneza: IUAV, p. 177 – 183
- Martins A. M. S. M.; Librantz A. F. H. (2006) A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo. *Exacta*, v. 4, n. especial, p.91 – 93.
- Melo, R. H. C. (2007) Using fractal characteristics such as fractal dimension, lacunarity and succolarity to characterize texture patterns on images. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Engenharia e Computação, UFF, Niterói, RJ, agosto 2007.
- Ministério das Cidades. (2006) *Caderno MCidades Habitação. Política Nacional de Habitação*.
- Ministério das Cidades. (2008) *Caderno MCidades Habitação. Política Habitacional e Integração Urbana de Assentamentos Precários*.
- Papini, L.; Rabino, G. A.; Colonna, A.; Di Stefano, V. ; Lombardo, S. (1998) *Learning Cellular Automata in a Real World: The Case Study of the Rome Metropolitan Area* . In: Bandini, S.; Serra, R.; Liverani, F. S. Ed. *Cellular Automata: Research Towards Industry: ACRI'96: Proceedings of the Third Conference on Cellular Automata for Research and Industry*. Springer-Verlag: London, 1998. p. 165-183.
- Turkienicz, B.; Leão, S.Z.; Henrique, V.; Schnaid, F.; Goldenfun, J.; Cybis, H. (2008) *Plano Local de Habitação de Interesse Social*, Canela, RS.
- Pelletier, J. e Delfante, Ch. (2000), *Villes et urbanisme dans le monde*, 4º edicion, Ed. A. Colin, Paris, 199 p.
- Portugali, J.; Benenson I.; Omer, I. (1997) Spatial cognitive dissonance and sociospatial emergence in a self-organizing city. *Environment and Planning B*, v.24, n.2, p.263-286.
- Portugali, J. (2000) *Self-organization and the City*. Heidelberg: Springer.
- Rasband, W.S., *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. 1997-2009.

- Rosa, R. (2009) *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Uberlândia: Ed. EDUFU.
- Salingeros, N. A. (2005) *Principles of Urban Structure*. Techne Press, Amsterdam, Holland.
- Santos Jr., O. A. (1995) *Reforma urbana: por um novo modelo de planejamento e gestão das cidades*. FASE/UFRJ-IPPUR, São Paulo.
- Sobreira, F. e Gomes, M. (2001) The geometry of slums: boundaried, packing and diversity. CASA Working Papers Series, Working paper 30, UCL/CASA, London, UK. <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper30.pD>.
- Souza, I. de M. ; Pereira, M. N.;Garcia, L. M. F.; Kurkdjian, M. de L. N de O. (2003) Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseadas em medidas texturais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Belo Horizonte. p. 1967 -1968. www.dsr.inpe.br/geu/Congressos.../Iris_XISBSR.pD
- SWP (2007) State of World Population,*Unleashing the Potencial of Urban Growth*, United Nation Fund Population – UNFPA.
- Tobler, W. R. Cellular Geography. In: Gale, S.; Olsson, G. ed. *Philosophy in Geography*. Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel, 1979. p. 279-386.
- UNCHS (1996) *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements*, Oxford: Oxford University Press.
- UNHABITAT (2009) Urban World, Volume 1, Issue 4. *Scaling new heights*.
- Villaça, F. (2001) Espaço intra-urbano no Brasil. Livros Studio Nobel Ltda., São Paulo, SP, Brasil, 2001.
- White, R. W. Transition to chaos with increasing system complexity: the case of regional industrial systems. *Environment and Planning A*, v.17, p.387-396, 1985.
- White, R. W.; Engelen, G. Cellular Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modelling Approach to the Evolution of Urban Land Use Patterns. *Environment and Planning A*, v.25, p.1175-1199, 1993.
- World Bank (2011). World Development Indicators. World Bank.
- Wu, F. (1998) *Simland: A Prototype to Simulate Land Conversion through the Integrated GIS and CA with AHP-Derived Transition Rules*. *International Journal of Geographic Information Science*, v.12, p.63-82.
- Xia, L.; Yeh, A. G. (2000) *Modelling Sustainable Urban Development by the Integration of Constrained Cellular Automata and GIS*. *International Journal of Geographic Information Science*, v.14, p.131-152.

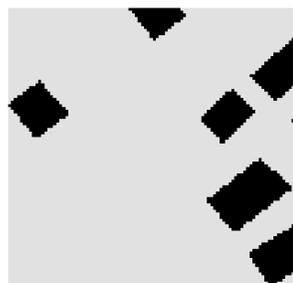
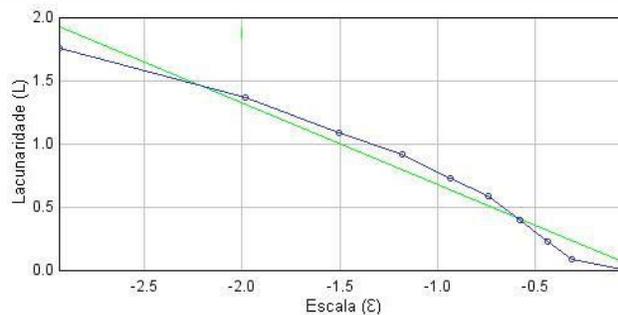
ANEXO A

**ANEXO A – TABELA DE IMAGENS BINÁRIAS DE CÉLULAS DA GRADE
RASTER E RESPECTIVOS GRÁFICOS DE LACUNARIDADE**

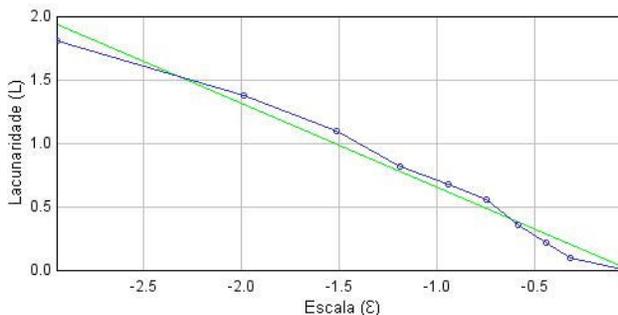
Dados amostrais da categoria A-Res



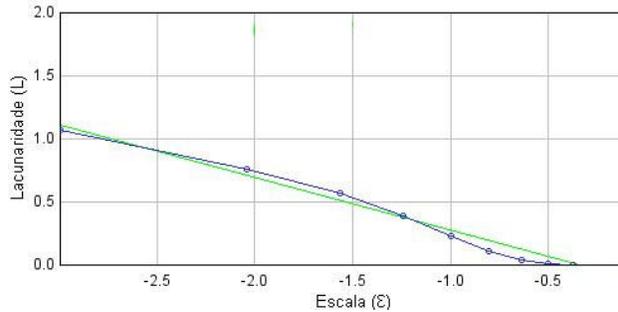
Célula 77
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.3572
L = 1.7694



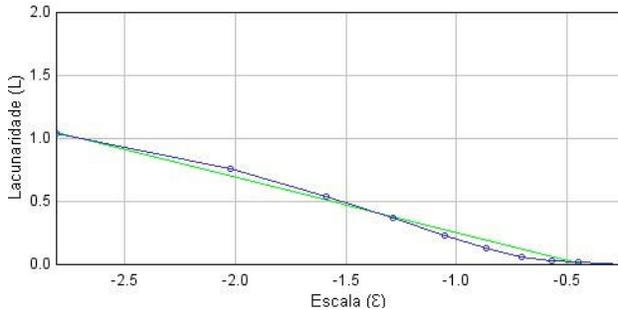
Célula 80
IP = 1
IR = 0.6050
D = 1.3729
L = 1.8177

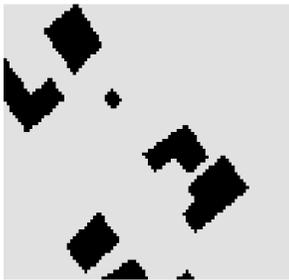


Célula 84
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.6581
L = 1.0762

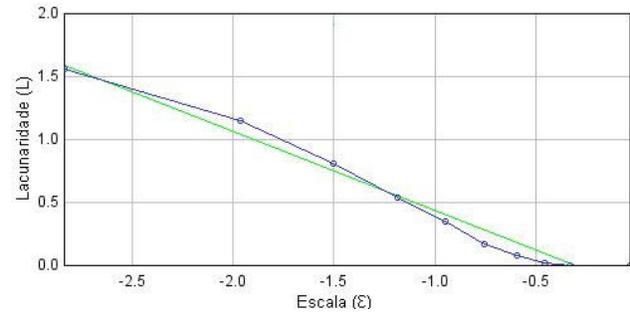


Célula 86
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.6111
L = 1.0433

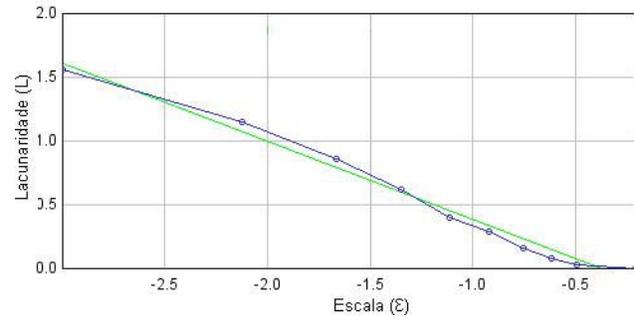




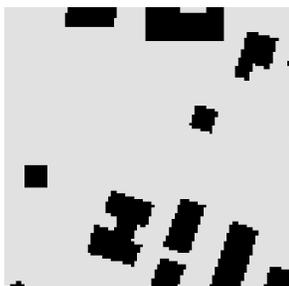
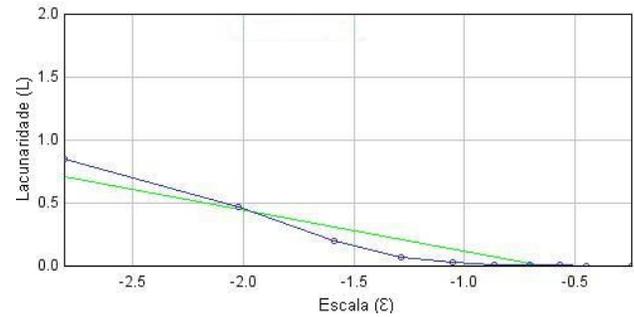
Célula 87
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.5494
L = 1.5618



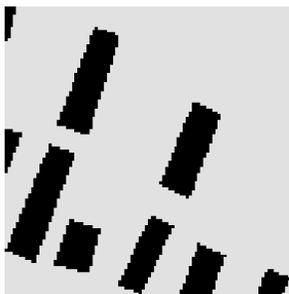
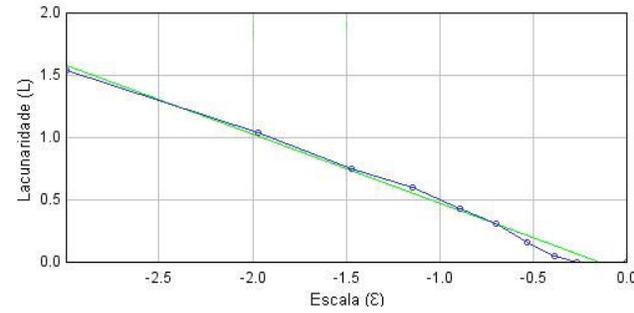
Célula 88
IP = 1
IR = 0.6050
D = 1.4282
L = 1.5619



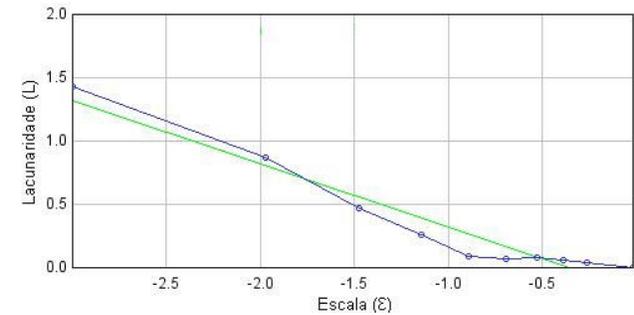
Célula 90
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.8138
L = 0.8533

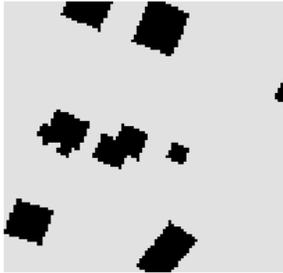


Célula 91
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.5312
L = 1.5454



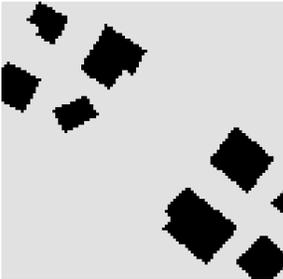
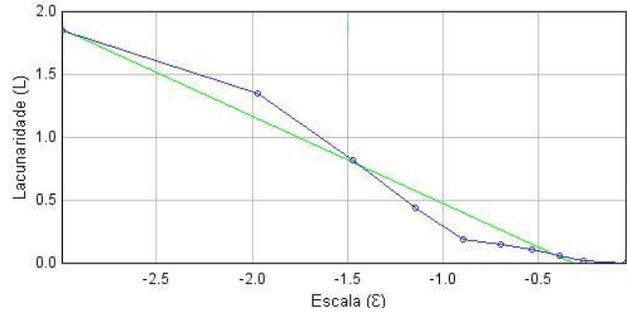
Célula 114
IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.6570
L = 1.4343





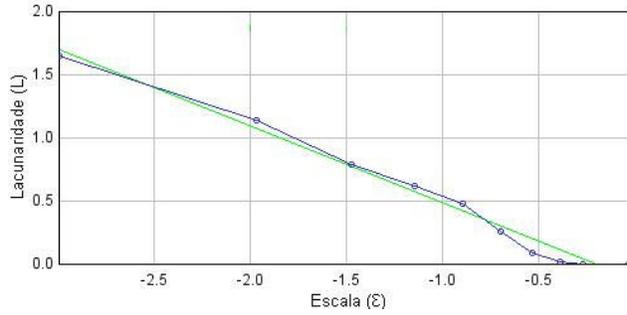
Célula 116

IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.4901
L = 1.8555



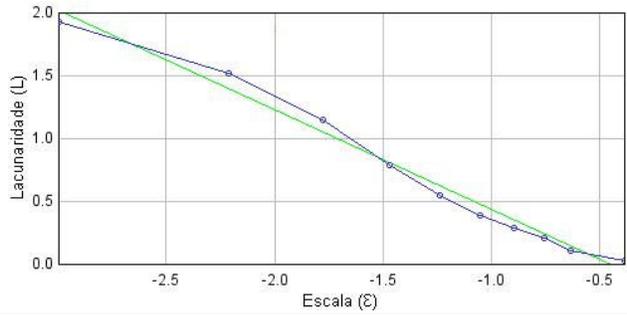
Célula 117

IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.5387
L = 1.6529



Célula 120

IP = 1
IR = 0.4654
D = 1.3824
L = 1.9317

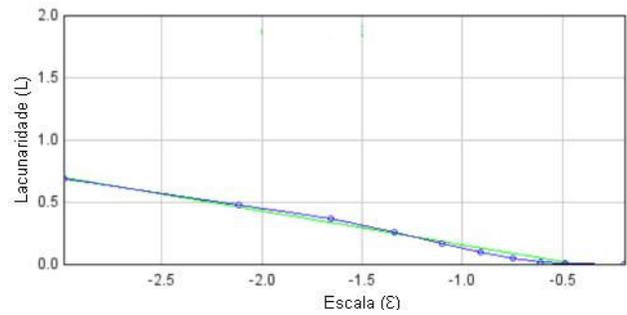


Dados amostrais da categoria A-Cen



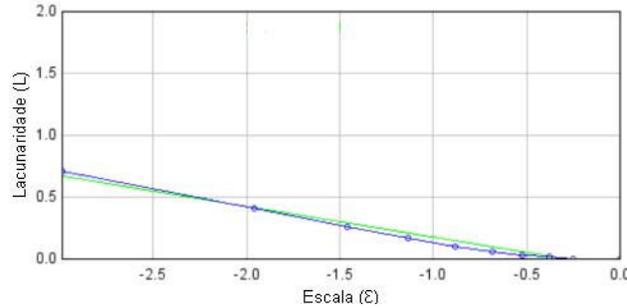
Célula 303

IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.8091
L = 0.6924



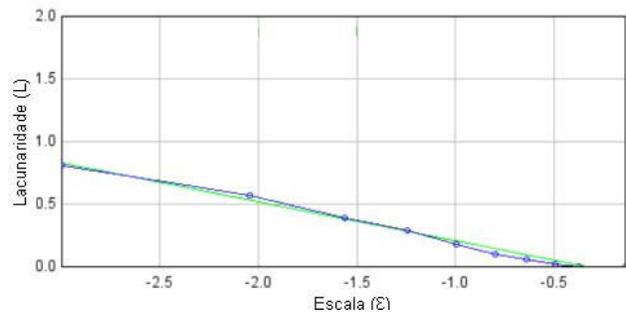
Célula 304

IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.8119
L = 0.7132

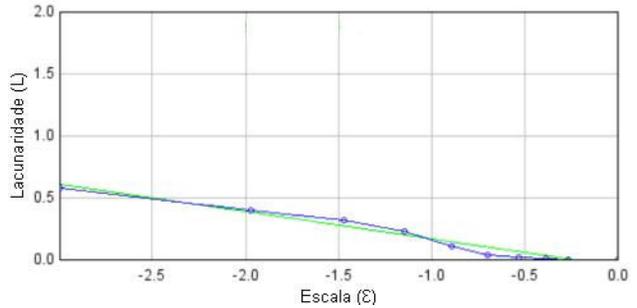




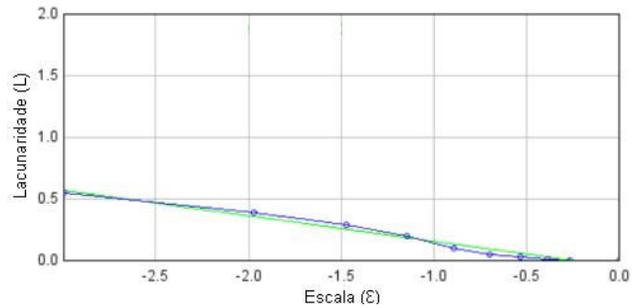
Célula 309
IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.8535
L = 0.8147



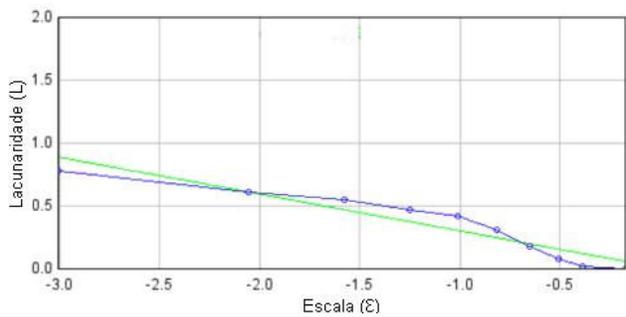
Célula 310
IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.8161
L = 0.5866



Célula 316
IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.9008
L = 0.5584



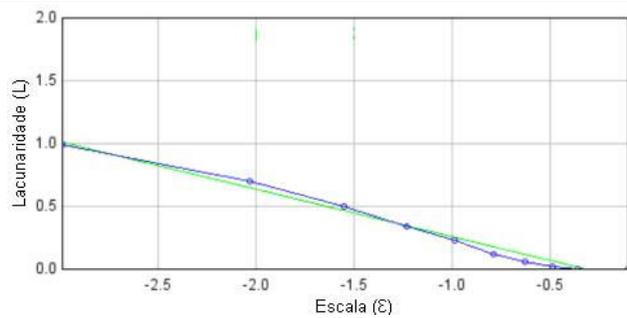
Célula 450
IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.7126
L = 0.7863

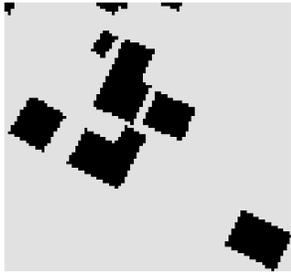


Dados amostrais da categoria B

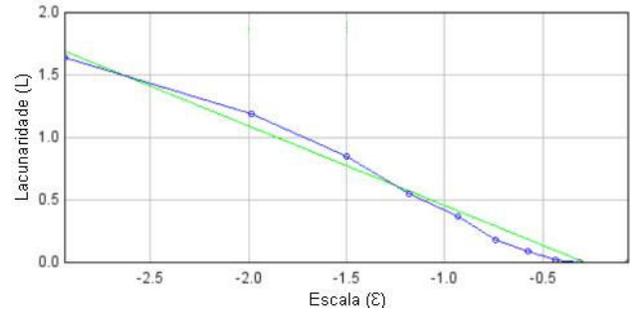


Célula 300
IP = 1
IR = 0.1688
D = 1.7162
L = 0.9969

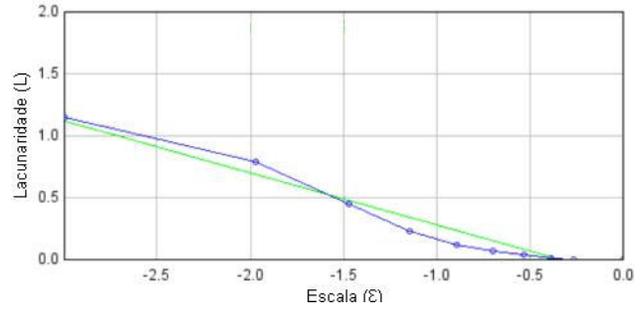




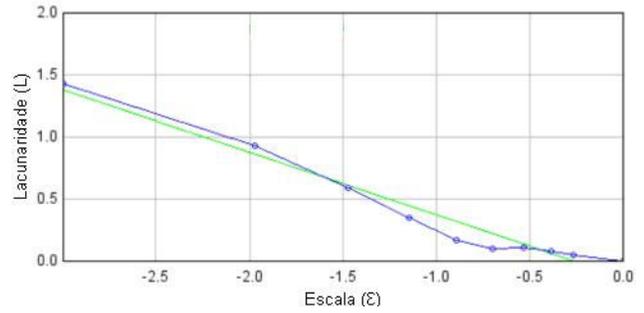
Célula 301
 IP = 1
 IR = 0.3209
 D = 1.6166
 L = 1.6418



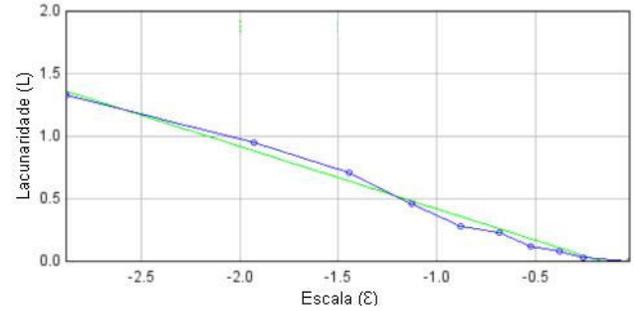
Célula 342
 IP = 1
 IR = 0.3209
 D = 1.6495
 L = 1.1580



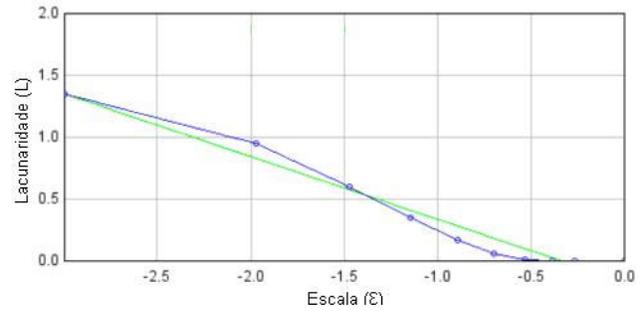
Célula 343
 IP = 1
 IR = 0.3640
 D = 1.6091
 L = 1.4347



Célula 348
 IP = 1
 IR = 0.3209
 D = 1.5868
 L = 1.3317

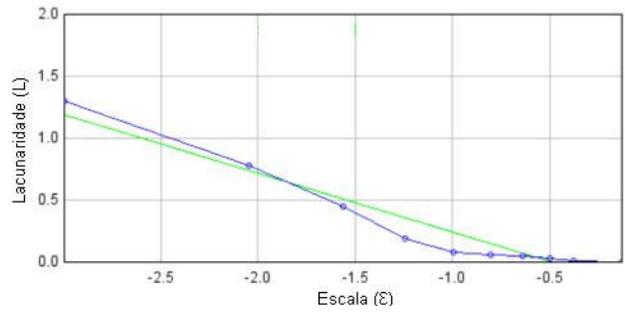


Célula 466
 IP = 1
 IR = 0.2798
 D = 1.6854
 L = 1.3563

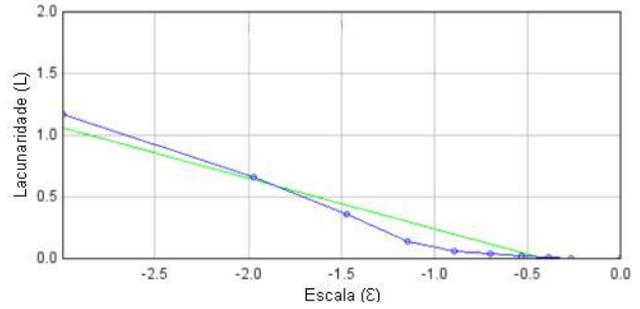




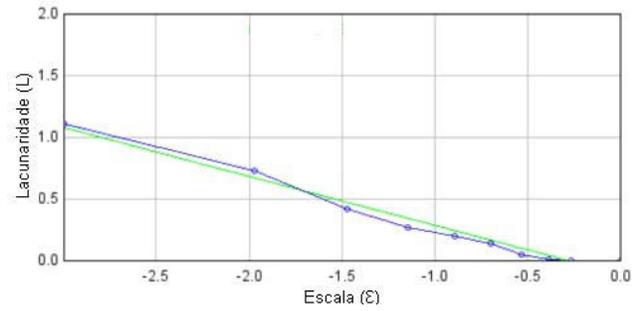
Célula 467
IP = 1
IR = 0.2798
D = 1.6564
L = 1.3014



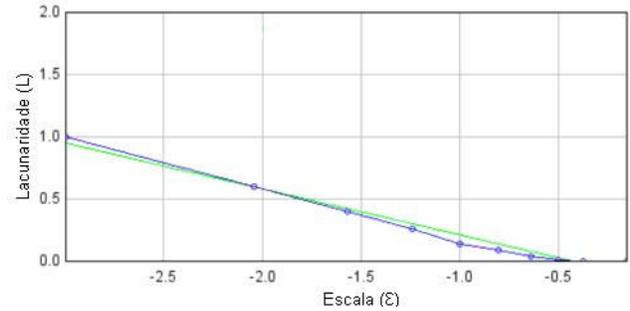
Célula 472
IP = 1
IR = 0.2798
D = 1.6786
L = 1.1768



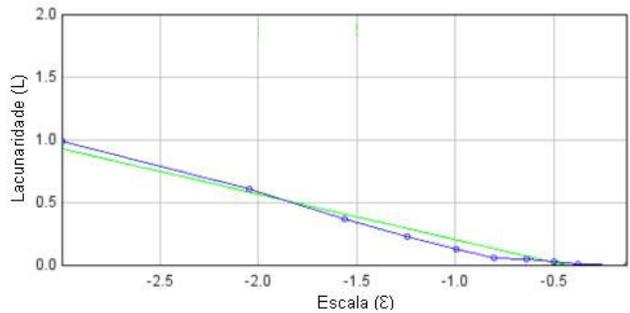
Célula 473
IP = 1
IR = 0.2798
D = 1.7214
L = 1.1122

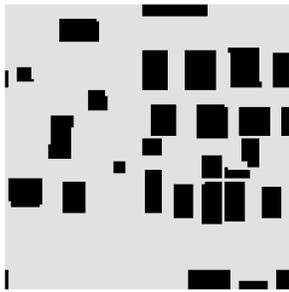


Célula 553
IP = 1
IR = 0.4476
D = 1.7311
L = 1.0074

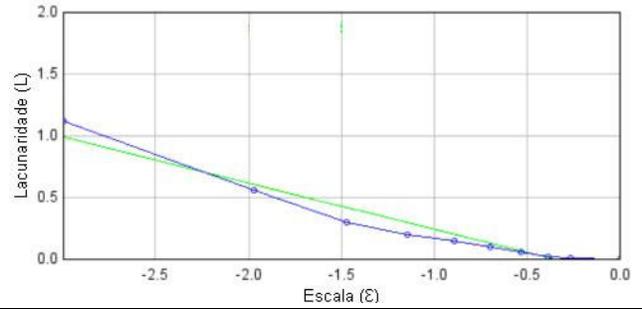


Célula 555
IP = 1
IR = 0.4476
D = 1.7292
L = 0.9934





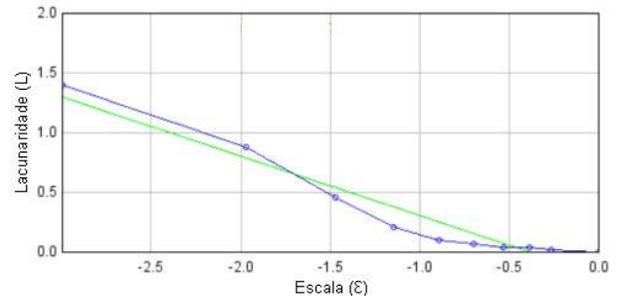
Célula 560
 IP = 1
 IR = 0.4476
 D = 1.7805
 L = 1.1244



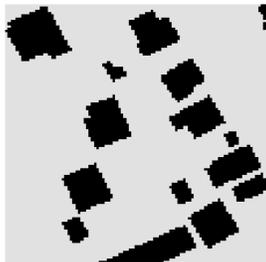
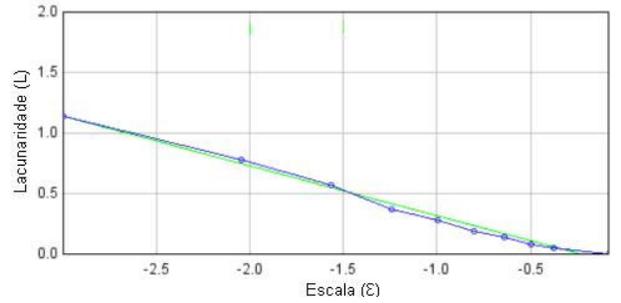
Dados amostrais da categoria C



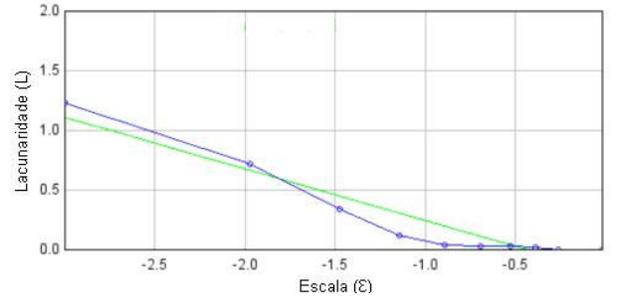
Célula 162
 IP = 1
 IR = 0.3636
 D = 1.6380
 L = 1.4025



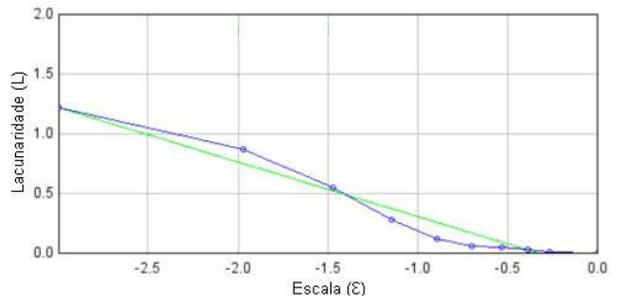
Célula 168
 IP = 1
 IR = 0.3636
 D = 1.6939
 L = 1.1478

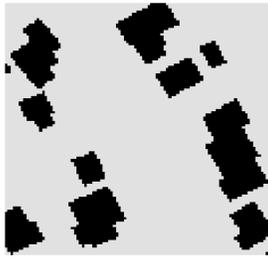


Célula 203
 IP = 1
 IR = 0.2303
 D = 1.7434
 L = 1.2341



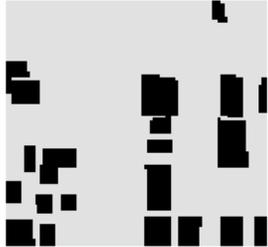
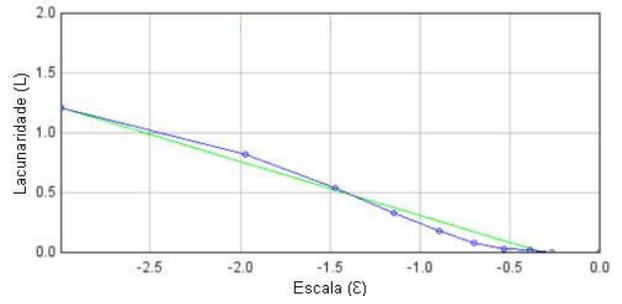
Célula 204
 IP = 1
 IR = 0.2676
 D = 1.6908
 L = 1.2287





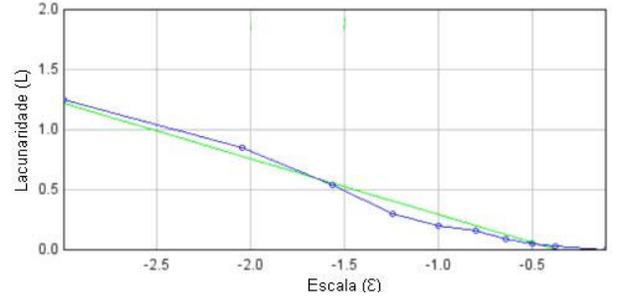
Célula 207

IP = 1
 IR = 0.2676
 D = 1.6484
 L = 1.2194



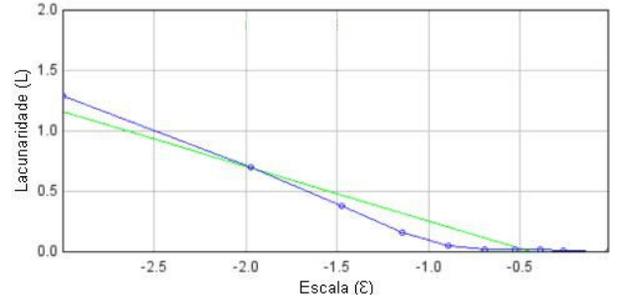
Célula 386

IP = 0.8
 IR = 0.3640
 D = 1.6534
 L = 1.2554



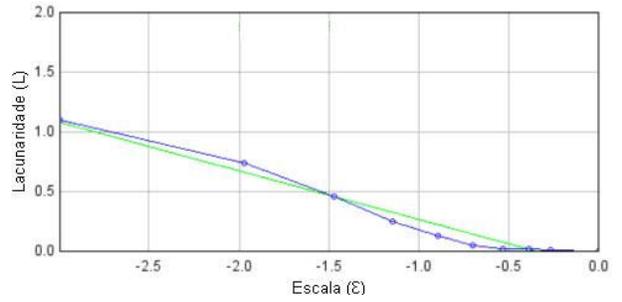
Célula 387

IP = 1
 IR = 0.3640
 D = 1.6924
 L = 1.2992



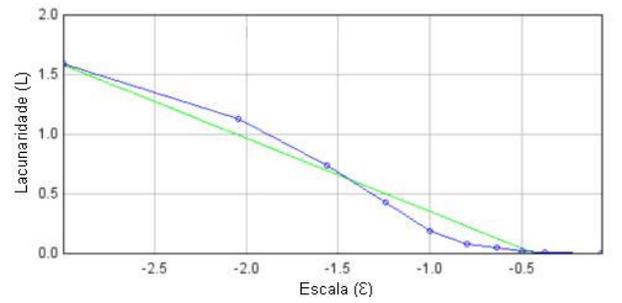
Célula 395

IP = 0.7
 IR = 0.3640
 D = 1.7141
 L = 1.1085



Célula 399

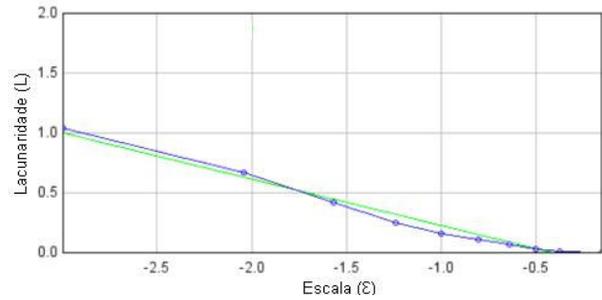
IP = 0
 IR = 0.3640
 D = 1.6007
 L = 1.5978





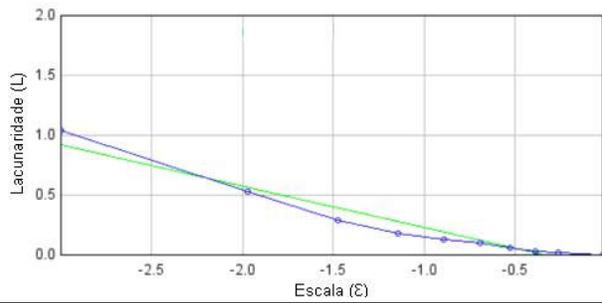
Célula 422

IP = 1
 IR = 0.3074
 D = 1.7513
 L = 1.0427



Célula 574

IP = 1
 IR = 0.3074
 D = 1.7718
 L = 1

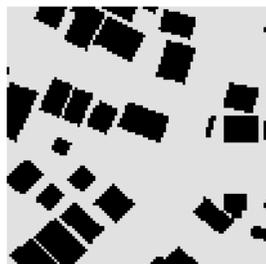
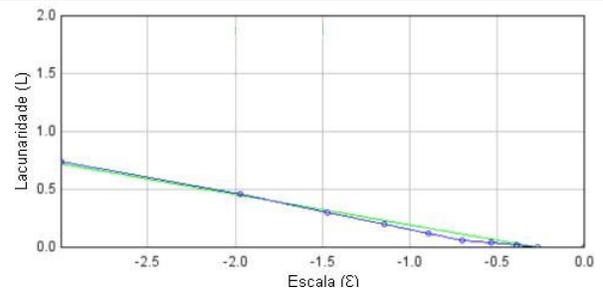


Dados amostrais da categoria D



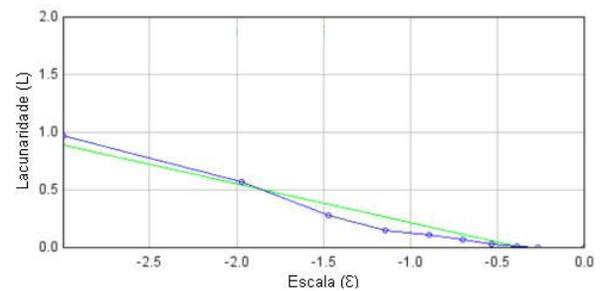
Célula 149

IP = 0
 IR = 0.6050
 D = 1.8794
 L = 0.7486



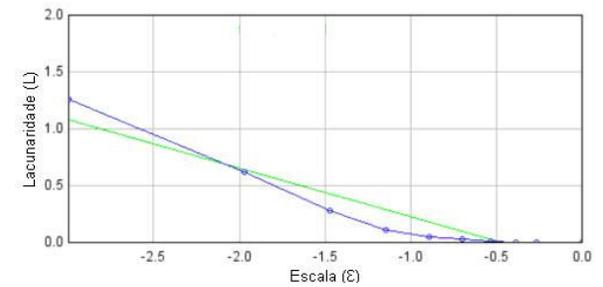
Célula 150

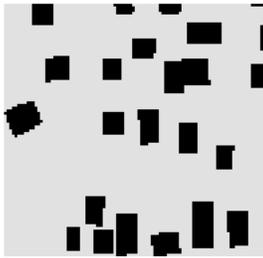
IP = 0.6
 IR = 0.6050
 D = 1.7968
 L = 0.9783



Célula 604

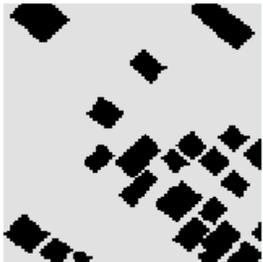
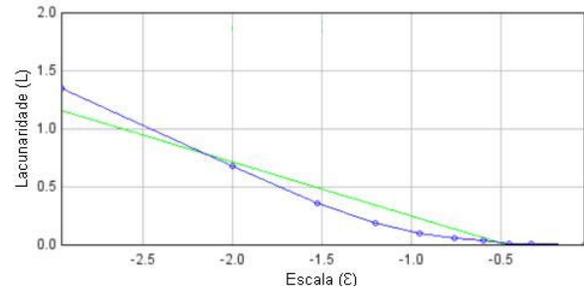
IP = 0
 IR = 0.5619
 D = 1.7566
 L = 1.2667





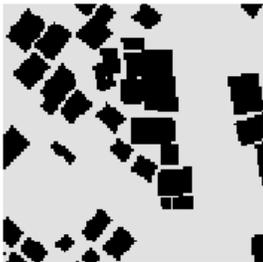
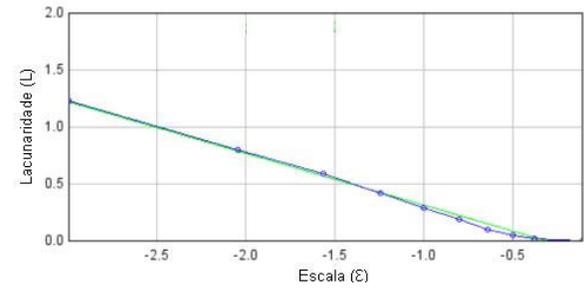
Célula 607

IP = 0
 IR = 0.5619
 D = 1.7026
 L = 1.3550



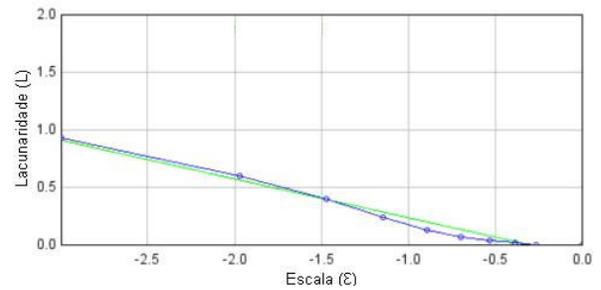
Célula 742

IP = 0.8
 IR = 0.5556
 D = 1.6896
 L = 1.2325



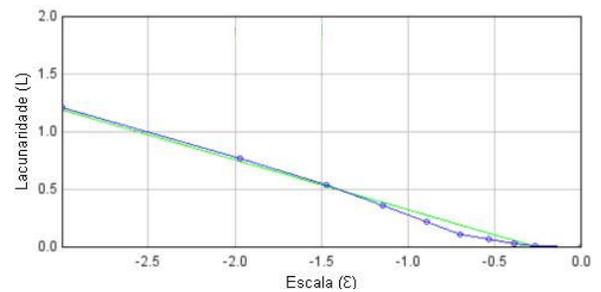
Célula 743

IP = 0.4
 IR = 0.5046
 D = 1.8363
 L = 0.9345



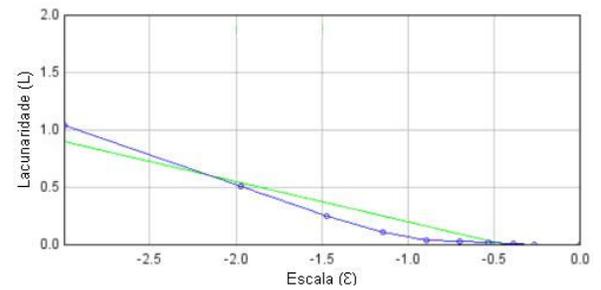
Célula 744

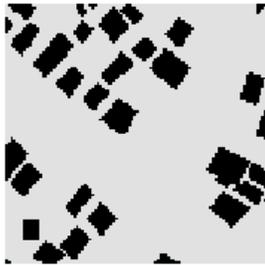
IP = 0
 IR = 0.5046
 D = 1.7115
 L = 1.2126



Célula 746

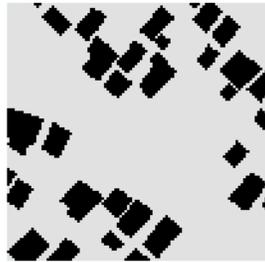
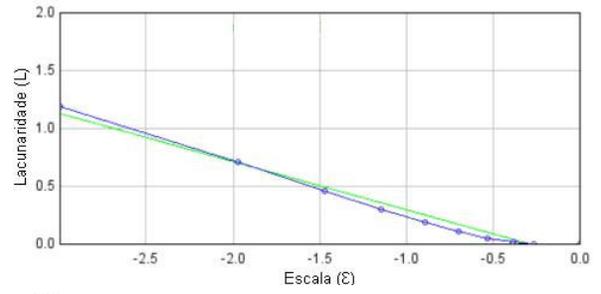
IP = 0.5
 IR = 0.5556
 D = 1.7970
 L = 1.0499





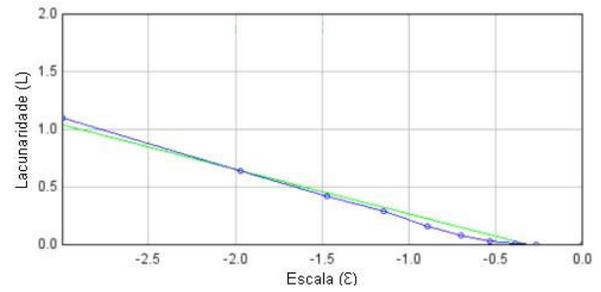
Célula 747

IP = 0.8
IR = 0.5556
D = 1.6923
L = 1.1926



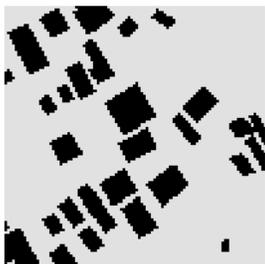
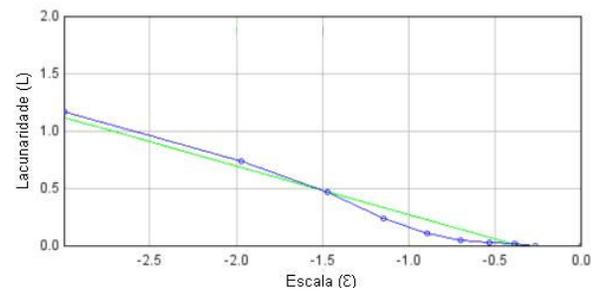
Célula 748

IP = 0
IR = 0.5046
D = 1.7065
L = 1.1029



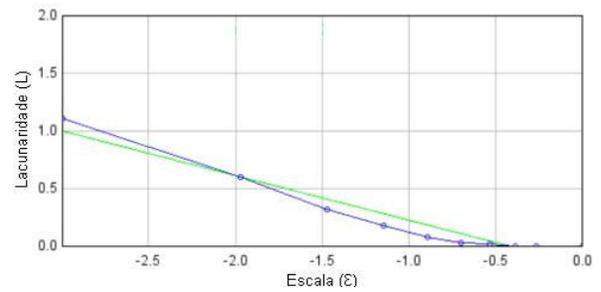
Célula 788

IP = 0.7
IR = 0.6978
D = 1.7596
L = 1.1774



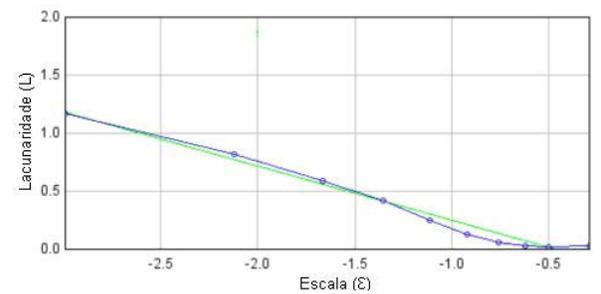
Célula 792

IP = 1
IR = 0.6054
D = 1.8247
L = 1.1153



Célula 883

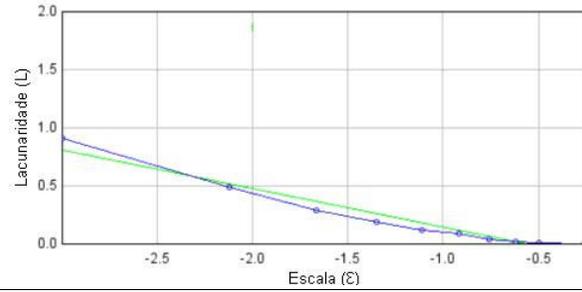
IP = 0.5
IR = 0.5046
D = 1.6020
L = 1.1745





Célula 887

IP = 0
 IR = 0.5046
 D = 1.7445
 L = 0.9111

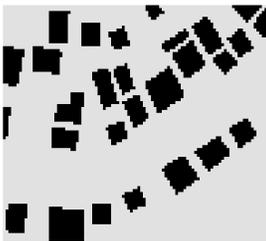
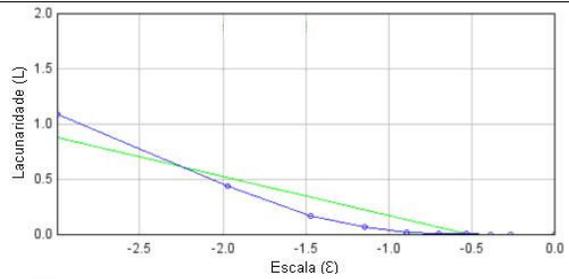


Dados amostrais da categoria E



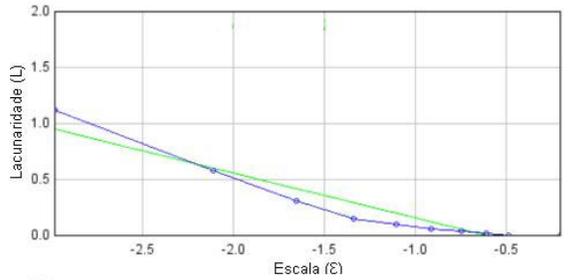
Célula 8

IP = 0
 IR = 0.5380
 D = 1.8210
 L = 1.0962



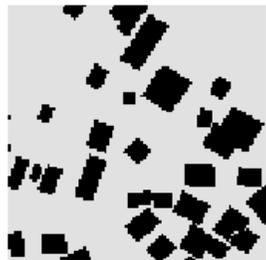
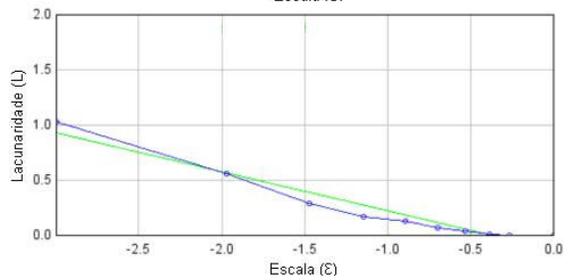
Célula 46

IP = 0
 IR = 0.7725
 D = 1.7965
 L = 1.1213



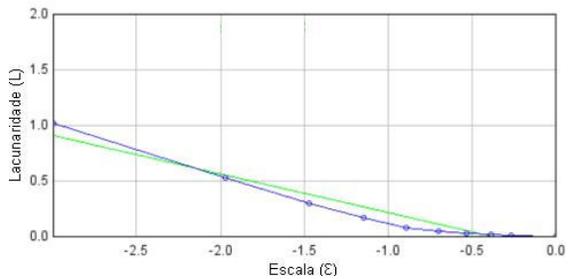
Célula 636

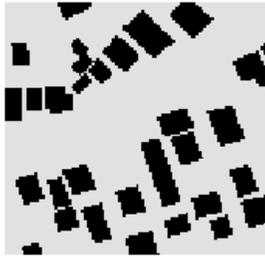
IP = 0.6
 IR = 0.6964
 D = 1.7969
 L = 1.0398



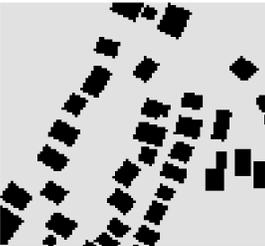
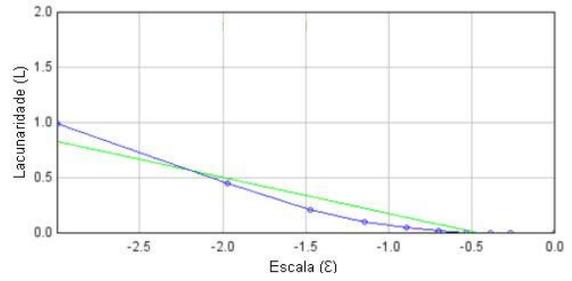
Célula 702

IP = 0
 IR = 0.6758
 D = 1.8219
 L = 1.0289

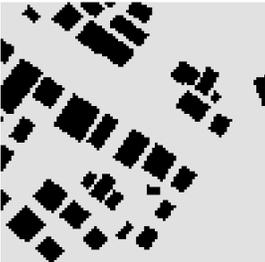
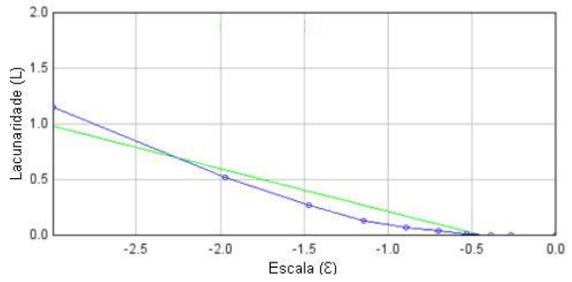




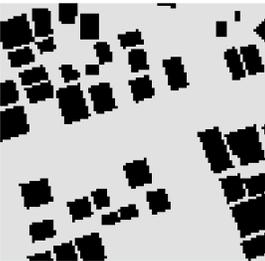
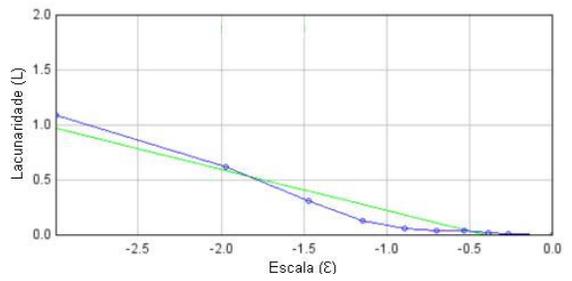
Célula 703
IP = 0.7
IR = 0.6964
D = 1.8016
L = 0.9919



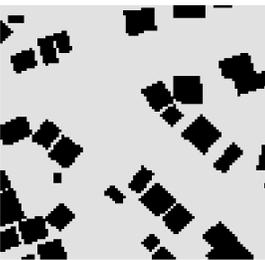
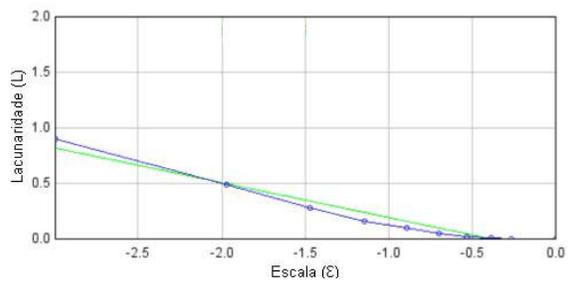
Célula 838
IP = 0
IR = 0.6758
D = 1.8022
L = 1.1561



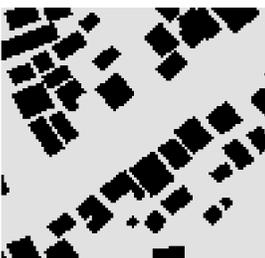
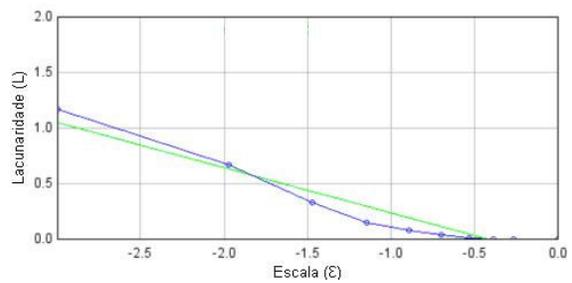
Célula 844
IP = 0
IR = 0.6758
D = 1.8066
L = 1.0910



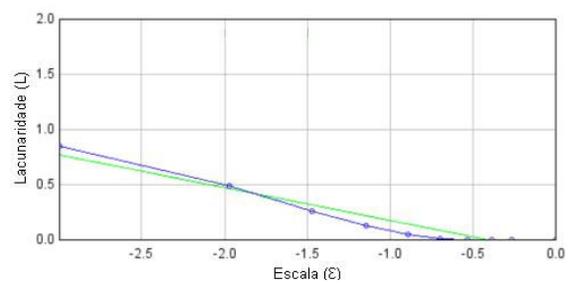
Célula 846
IP = 0.5
IR = 0.6758
D = 1.7770
L = 0.9084

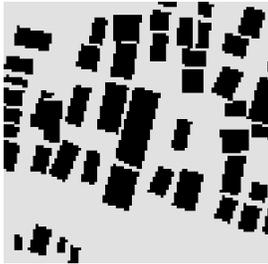


Célula 847
IP = 0.7
IR = 0.6758
D = 1.7192
L = 1.1763

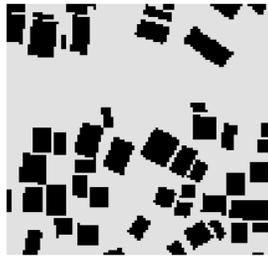
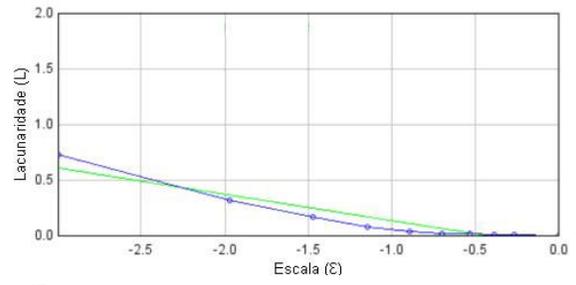


Célula 852
IP = 0.8
IR = 0.7422
D = 1.8418
L = 0.8565





Célula 905
IP = 0
IR = 0.7380
D = 1.9017
L = 0.7375



Célula 978
IP = 0
IR = 0.6684
D = 1.8135
L = 0.8760

