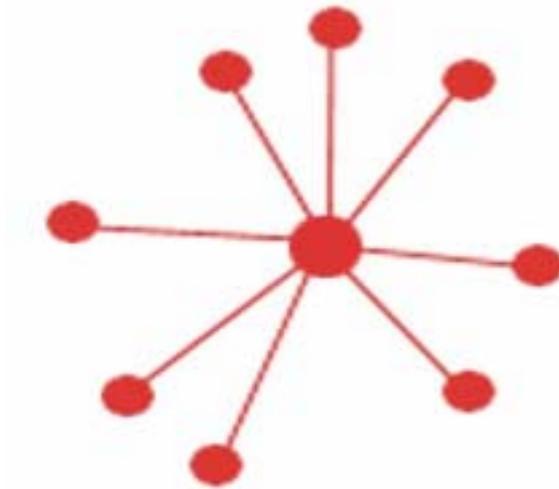


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

PROPUR



Dissertação de Mestrado

FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DE CENTROS LOCAIS

Orientador
Prof. Rômulo Krafta – Ph.D.

Autor
Rodrigo Fernando Fattori

Porto Alegre, Setembro de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

*Dissertação de Mestrado submetida ao
PROPUR – UFRGS, como requisito
parcial para obtenção do título de
mestre em Planejamento Urbano e
Regional na área de Estudos
Configuracionais Urbanos.*

*Faço deste estudo o meu
agradecimento à CAPES, pelo suporte
fundamental.*

*Ao Professor Romulo Krafta, pelos
objetivos conjuntamente traçados.*

*E a meu pai, pelo incentivo irrestrito em
ir busca-los.*

Resumo

O trabalho denominado “Formação e Evolução de Centros Urbanos Locais” trata da formulação experimental de um modelo computacional de análise evolutiva urbana, baseado unicamente em relações de conectividade entre os espaços da trama urbana.

Tal construção é originada de uma formatação teórica que agrega novas descobertas em teorias de redes aleatórias a adaptações de ferramentas de análise urbana já consagradas dentro do Estudo Configuracional Urbano.

O estudo trata, portanto, de validar uma rotina de modelagem para em seguida procurar simular de modo mais adequado à realidade o fenômeno natural de diferenciação urbana em centros representativos e vias de acesso preferenciais.

A conclusão a que chegamos é que o modelo, apesar de empírico e experimental, possui robustez suficiente para modelar demais comportamentos sociais dentro de sistemas urbanos interconectados.

Abstract

The present study, entitled “Formation and Evolution of Local Urban Centres”, is concerned about the experimental formulation of an urban evolution analytical computer model, based in the connectivity relationships of the urban mazzle spaces only.

Such a construction has come from a theoretical folrmulation wich joins new discovers in Random Network Theories to adaptation of some urban analysis tools already consecrated into the Urban Configurational Studies field.

The study, then, is in charge to validate a modeling routine for, next, search for simulating, in a fashion closer to reality, the natural phenomenon of urban diferentiation in representative centres and reather access paths.

The conclusion we get is that the model, besides of being empiricist and experimental, has robustness enough in modelling others social behaviours inside an interconnected urban system.

Sumário

Agradecimentos	III
Resumo	IV
Abstract	V
Sumário	VI
Lista de Figuras	IX
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1 Delimitação do Tema	2
1.2 Delimitação do Problema	5
1.3 Hipóteses	7
1.4 Objetivos	8
1.5 Justificativa e Relevância do Tema	9
1. A adoção de uma visão sistêmica.....	11
2. A interdisciplinaridade.....	11
3. O uso de modelagem e simulação.....	11
1.6 Estruturação do Trabalho.....	12
CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Acessibilidade e Forma Urbana	15
2.1.1 A medida de Acessibilidade	14
2.1.2 A Formação de Centros.....	19
2.2 Em Busca de uma Abordagem Sintática Além da Tradicional	20
2.2.1 A Lógica da Sintaxe.....	20
2.2.2 A Lógica da Representação.....	27
2.3 Sistemas Conectados.....	33
2.3.1 Redes.....	33
2.3.2 Redes Sociais.....	40
2.3.3 Small Worlds: Uma Nova Ciência de Redes.....	43

2.3.4 <i>Percolação</i>	52
2.3.4.1 <i>Representação</i>	56
2.3.4.2 <i>Percolação e Sistemas Urbanos e Sociais</i>	58
2.4 A Montagem Teórica	60
2.4.1 <i>Identificação do Problema: núcleo real x núcleo topológico</i>	60
2.4.2 <i>Cidades como Small Worlds</i>	62
2.4.3 <i>Interacessibilidade e a Formação de Multicentros</i>	64
2.4.4 <i>Percolação como Ferramenta de Compressão Espacial</i>	66
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	70
3.1 Sistemática de Modelagem	71
3.2 Definições de Modelagem	72
3.3 Demonstração Gráfica do Modelo	76
3.4 Exercícios de Calibragem	77
3.4.1- <i>1º teste de validação: formação de núcleos de integração estáveis</i>	77
3.4.2- <i>2º teste de validação: verificação de ambiente Small World em Sistema Urbano</i>	84
CAPÍTULO IV – ESTUDO DE CASO	90
1839	94
1888	96
1919	99
1935	102
1968	105
2000	108
CAPÍTULO V – ANÁLISE DOS RESULTADOS	111
5.1 Hierarquias e Vetores de Crescimento Urbano	112
5.2 Verificação de comportamentos de rede do tipo Small Worlds	115
5.3 Small Worlds em sistemas urbanos reais	117
5.4 Small Worlds e a lógica social do espaço	116
5.5 Small Worlds e cognição espacial	126
5.5.1 <i>Conhecimento e Aprendizado espacial</i>	129
5.5.2 <i>Compressão espacial e formação de imagem urbana</i>	131
5.5.3 <i>Simulação percolativa como modelagem da imagem urbana</i>	132
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES	139
6.1 Das Hipóteses de Pesquisa, Objetivos e Métodos Adotados	139
6.2 Das Limitações	147
6.3 Das Potencialidades e Encaminhamentos	149

6.4 Conclusão Geral	150
CAPÍTULO VII – BIBLIOGRAFIA	152
CAPÍTULO VIII – ANEXOS.....	155
1839	155
1888	157
1919	162
1935	166
1968	171
2000	176

Lista de Figuras

FIGURA 00

Mapa do sistema viário de Porto Alegre do ano 2000, com dissonâncias entre os posicionamentos do centros Reais e do Topológicos (Krafta et al, 2005; p14) 2

FIGURA 01

Hansen (1959), a Mobilidade seria o potencial para a Movimentação, enquanto que a Acessibilidade seria o potencial para Interações. Desta forma, a distribuição das oportunidades de interação determina a localização das Atividades Urbanas. 17

FIGURA 02

O processo de formação de centro da cidade de York, a partir da aplicação “ortodoxa” da sintaxe espacial, como o próprio autor sugere, ponderada pela verificação dos pontos de comércio presentes nos segmentos axiais. A forma final é chamada de “Batata Espetada”. Hillier 1999 (adaptado) 22

FIGURA 03

Diagrama relacional entre a forma urbana e os processos sociais (Gebauer, 1981; cap02 - adaptado) 21

FIGURA 04

Representações do espaço em Sintaxe Espacial - extraído de Batty-2004 a 30

FIGURA 05

Representações do espaço em Sintaxe Espacial – continuação - extraído de Batty-2004 a 30

FIGURA 06

Exemplos de representação Primal e Dual em sistemas urbanos reais – Adaptado de Porta et al (2004 a) 33

FIGURA 07

Deduções originais acerca de Redes interconectadas – extraído de Watts; Barabasi; Newmann, 2005 34

FIGURA 08	
<i>Mapeamento experimental da World-Wide Web, representada como um sistema em rede interconectado – extraído de Watts; Barabasi; Newmann, 2005.</i>	35
FIGURA 09	
<i>Resumo da experiência sociométrica de Millgram, atestando uma média de intermediários de quatro a seis indivíduos . O gráfico mostra também uma propriedade-chave no estudo de redes, a obtenção do ponto crítico, representado pela quebra na ascendência progressiva de número de cartas/média de intermediários. A experiência é considerada pioneira no estudo dos Small Worlds (extraída de Watts; Barabasi; Newmann, 2005; p 112).</i>	44
FIGURA 10	
<i>Dedução dos Small World, a partir das condições de não-aleatoriedade (Caveman World) e aleatoriedade plena (Solarian World) – extraído de Watts, 2003.....</i>	47
FIGURA 11	
<i>Criação de um Small World a partir de um modelo tradicional Caveman – extraído de Batty, 2003.</i>	47
FIGURA 12	
<i>O Modelo Alfa – extraído de Watts/ Strogatz, 1998.....</i>	48
FIGURA 13	
<i>O Modelo Beta – extraído de Watts/ Strogatz, 1998.</i>	49
FIGURA 14	
<i>Distância de conexões e Coeficiente de agrupamento no Modelo Beta – extraído de Watts/ Strogatz, 1998.....</i>	51
FIGURA 15	
<i>O ponto crítico em Percolações – extraído de Grimmet (1999)</i>	55
FIGURA 16	
<i>Modelagem de percolação por ligações (Bond Percolation) – extraído de Grimmet (1999).</i>	56
FIGURA 17	
<i>Modelagem de percolação por lugar (Site Percolation) – extraído de Grimmet (1999).</i>	57
FIGURA 18	
<i>Diagrama de montagem teórica.....</i>	69

FIGURA 19	
Diagrama de definições de modelagem.....	75
FIGURA 20	
Exemplificação da rotina de procedimentos.....	76
FIGURA 21	
<i>Quadro 01: início da modelagem do teste</i>	79
FIGURA 22	
<i>Quadro 02: sistema final, com as inserções espaciais.</i>	81
FIGURA 23	
<i>Quadro 03: consolidação do núcleo urbano, com perspectiva de crescimento</i>	82
FIGURA 24	
<i>Quadro 04: estratégia de simulação gráfica dos resultados da modelagem.</i>	83
FIGURA 25	
<i>Quadro 05: apresentação do sistema urbano a ser modelado para o Teste 02</i>	85
FIGURA 26	
<i>Quadro 06: o processo de modelagem do Teste 03</i>	85
FIGURA 27	
<i>Quadro 07: estratégia de simulação gráfica dos resultados da modelagem</i>	89
FIGURA 28	
<i>Estado inicial de Porto Alegre para o ano de 1839</i>	94
FIGURA 29	
<i>Descrição da modelagem para o ano de 1839</i>	95
FIGURA 30	
<i>Estado inicial de Porto Alegre para o ano de 1888</i>	96
FIGURA 31	
<i>Descrição do início da modelagem para o ano de 1888</i>	97
FIGURA 32	
<i>Descrição do final da modelagem para o ano de 1888</i>	98
FIGURA 33	
<i>Estado inicial e início da modelagem do ano de 1919</i>	99

FIGURA 34	
<i>Descrição do final da modelagem para o ano de 1919</i>	101
FIGURA 35	
<i>Estado inicial e início da modelagem do ano de 1935</i>	102
FIGURA 36	
<i>Descrição do final da modelagem para o ano de 1935</i>	104
FIGURA 37	
<i>Estado inicial e início da modelagem do ano de 1968</i>	105
FIGURA 38	
<i>Descrição do final da modelagem para o ano de 1968</i>	107
FIGURA 39	
<i>Estado inicial e início da modelagem do ano de 2000</i>	108
FIGURA 40	
<i>Descrição do final da modelagem para o ano de 2000</i>	110
FIGURA 41	
<i>Início da síntese da evolução dos centros urbanos e suas principais ligações</i>	121
FIGURA 42	
<i>Finalização da síntese de evolução</i>	122
FIGURA 43	
<i>Configuração final dos centros de Porto Alegre</i>	126
FIGURA 44	
<i>Início da formação e evolução da Imagem Urbana</i>	134
FIGURA 45	
<i>Continuação da formação e evolução da Imagem Urbana</i>	135
FIGURA 46	
<i>Finalização da formação e evolução da Imagem Urbana</i>	137
FIGURA 47	
<i>Mapa axial de 1839</i>	155

FIGURA 48	
<i>Iteração 01 para o ano de 1839.....</i>	156
FIGURA 49	
<i>Iteração 02 para o ano de 1839.....</i>	156
FIGURA 50	
<i>Mapa axial de 1888.....</i>	157
FIGURA 51	
<i>Mapa na representação Dual inicial para 1888.....</i>	158
FIGURA 52	
<i>Iteração 01 para o ano de 1888.....</i>	159
FIGURA 53	
<i>Iteração 02 para o ano de 1888.....</i>	160
FIGURA 54	
<i>Iteração 03 para o ano de 1888.....</i>	160
FIGURA 55	
<i>Iteração 04 para o ano de 1888.....</i>	161
FIGURA 56	
<i>Mapa axial de 1919.....</i>	102
FIGURA 57	
<i>Mapa na representação Dual inicial para 1919.....</i>	163
FIGURA 58	
<i>Iteração 01 para o ano de 1919.....</i>	164
FIGURA 59	
<i>Iteração 02 para o ano de 1919.....</i>	165
FIGURA 60	
<i>Iteração 03 para o ano de 1919.....</i>	166
FIGURA 61	
<i>Mapa axial de 1935.....</i>	167

FIGURA 62	
<i>Mapa na representação Dual inicial para 1935</i>	168
FIGURA 63	
<i>Iteração 01 para o ano de 1935</i>	169
FIGURA 64	
<i>Iteração 02 para o ano de 1935</i>	170
FIGURA 65	
<i>Iteração 03 para o ano de 1935</i>	171
FIGURA 66	
<i>Mapa axial de 1968</i>	172
FIGURA 67	
<i>Mapa na representação Dual inicial para 1968</i>	173
FIGURA 68	
<i>Iteração 01 para o ano de 1968</i>	174
FIGURA 69	
<i>Iteração 02 para o ano de 1968</i>	175
FIGURA 70	
<i>Iteração 03 para o ano de 1968</i>	176
FIGURA 71	
<i>Mapa axial de 2000</i>	177
FIGURA 72	
<i>Mapa na representação Dual inicial para 2000</i>	178
FIGURA 73	
<i>Iteração 01 para o ano de 2000</i>	179
FIGURA 74	
<i>Iteração 02 para o ano de 2000</i>	180

1. INTRODUÇÃO

O trabalho aqui desenvolvido é visto como uma investigação que procura integrar ao estudo configuracional urbano, teorias que buscam explicar a complexidade do espaço como um estado de organização das menores partículas da cidade, somando conceitos e definições já bem cristalizados ao estudo urbano a novas áreas promissoras de desenvolvimento científico, especialmente físico e matemático, ao compor um dispositivo computacional apropriado para o exame simulatório e descritivo da evolução da forma urbana.

Partimos da constatação de que o fenômeno urbano naturalmente observado da formação e evolução de centros se dá através da sobreposição de diversos atributos – históricos, de movimentação interna, de concentração de atividades, dentre outros. E muito embora as cidades venham normalmente a apresentar ciclos inconstantes de crescimento territorial, a localização do centro urbano tende a permanecer de certa maneira estabilizada. Topologicamente, entretanto, medições urbanas tradicionais aferidas em diferentes estados da evolução urbana costumam captar movimentações do centro, acompanhando o crescimento do sistema urbano. Muitas vezes, isto produz um descolamento entre centro real da cidade e centro topológico da cidade.

Assim sendo, o presente estudo desenvolve a idéia de modelagem espacial do panorama evolutivo das cidades, aliando adequadas representações topológicas a rotinas de medição espacial de modo a construir um simulacro eficiente na tarefa de narrar topologicamente a influência histórica de antigas morfogenias na diferenciação espacial urbana ao longo do tempo, mapeando dessa forma, o verdadeiro espaço de integração da cidade.

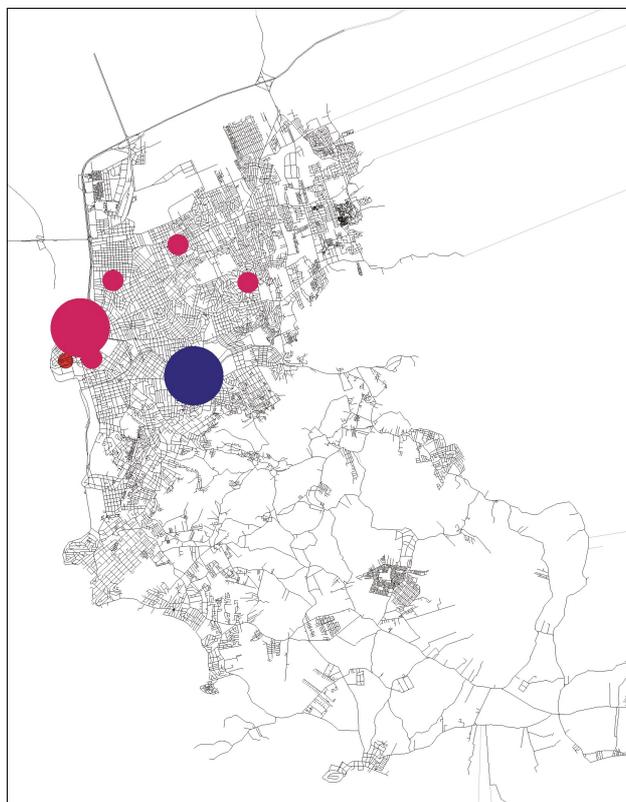


Fig. 00: Mapa do sistema viário de Porto Alegre, o estudo de caso do presente trabalho, do ano 2000. Nota-se uma dissonância entre o posicionamento do centro global topológico – em azul, em relação aos centros reais – em vermelho (Krafta et al, 2005; p14). Nosso estudo buscará a proposição de uma montagem teórica e metodológica experimental capaz de unificar estas representações e tornar sintaticamente mais adequado o estudo evolutivo de sistemas urbanos.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo trata de uma investigação em caráter experimental dentro dos Estudos Configuracionais Urbanos, voltada para a exploração de meios e instrumentos mais adequados para representarmos o panorama evolutivo urbano. Para isso, especula sobre novas técnicas desenvolvidas dentro de técnicas de medição urbana bastante consolidadas. Agrega também descobertas recentes no campo da matemática estatística, mais precisamente dentro das teorias de redes randômicas. O estudo se centra na adaptação de novas conceituações propostas por tais avanços a teorias e ferramentas topológicas já consagradas no campo dos estudos urbanos para compor um conjunto de explicações e explorações que tendem a auxiliar na simulação e análise de comportamentos urbanos reais.

A temática a ser abordada é referente à estruturação urbana vista sob a forma de redes espaciais aleatórias, por cujos nós e conexões transitam fluxos

energéticos do sistema que, num primeiro e hipotético momento, podem ser dados ou informações (Jiang e Ormeling – 1999), estoques urbanos (Batty *et al* – 1998), medidas de integração (Haynes – 1998 e Porta *et al* – 2004), além de uma infinidade de outros elementos, considerados fluidos em um sistema poroso¹. Para Batty (2003; p 2), “está havendo uma enorme mudança em como os sistemas geográficos – neste caso as redes aleatórias (*nota do dissertador*) estão sendo articulados. Muitos sistemas parecem funcionar no sentido *bottom-up*, em contraste com o modo *top-down* em que tais sistemas têm sido tradicionalmente concebidos”.

“Sistemas desse tipo podem ser caracterizados como complexos, pois tais fluxos, sabe-se, não possuem caráter linear, causal ou facilmente previsível, pois são formados por um conjunto de partículas infinitesimais, que deslizam de acordo com alguma ordem intrínseca ao sistema, inominável num primeiro momento, mas sobretudo dinâmica e auto-organizadora” (adaptado de Portugali (1996; p05-06)². Ainda segundo Krafta *et al* (2000, extraído de Tucci *et al* - 2000; p 412), “auto-organização não parece ser simplesmente uma teoria, mas um guarda-chuva para diversas abordagens teóricas que (...) diferem na forma de tratar seus sistemas”.

Redes, por sua vez, são excelentes formas para se representar organismos e fenômenos cujas partes, numerosas e interconectadas, dificilmente apresentam relações de causalidade entre si. As teorias de redes analisam, portanto, não exatamente o papel de vértices isolados. Sua principal aplicação está em fornecer um relatório acerca do desempenho unificado de seu comportamento enquanto sistema aberto e passível de reformulações e

¹ A conceituação e definição de Percolação, desenvolvida no início dos anos 50 e que será explicitada nos procedimentos teóricos leva em consideração este fluxo aleatório.

² Em *Self-Organizing Cities* – Portugali (1996), o autor atesta que “ a realização de experimentos da física levaram à formulação dos princípios básicos da auto-organização: primeiro, que um sistema aberto, e assim parte de seu ambiente, pode realizar uma estrutura espaço-temporal particular e mantê-la em condições de não-equilíbrio, não apesar de, mas em consequência de um suficiente fluxo de energia e matéria.(...). Segundo, que esse fluxo através de seus limites não apenas propicia uma estrutura espaço-temporal, a mantém em condições afastadas do equilíbrio, mas também podem inventar novas estruturas. (...). Terceiro, que sistemas desse tipo são complexos em dois sentidos; um em que seus componentes são tão numerosos que não é tecnicamente possível estabelecer relações causais entre eles; outro em que as partes e componentes são interconectados através de uma rede de múltiplas realimentação, o que significa, em termos matemáticos, ter um comportamento não-linear.” (transcrição de Krafta *et al* (2000) extraído de Tucci *et al* (2000) p 411,412 .

crescimento. As teorias de redes examinam externalidades provocadas por instâncias de organização as quais, por sua vez, estão condicionadas a instâncias pregressas.

O estudo de Redes chama atenção especialmente pelo fato de verificarmos alterações entre as conexões internas de seus vértices, à medida que o sistema se desenvolve. Assim, o que temos é a identificação de um sistema que cresce não apenas geograficamente, mas também hierarquicamente, devido ao aumento da conectividade, levando poucos pontos a estenderem seus domínios a zonas remotas, originando centros internos. Se em um determinado momento, por intermédio destas ligações de longa distância, estes centros do sistema se tocarem, haverá uma redução drástica nas distâncias e uma conseqüente integração entre escalas locais e globais dentro do sistema. Este comportamento de rede também é conhecido como Small Worlds (Watts & Strogatz, 1998).

Por outro lado, percebemos que as cidades também apresentam uma configuração genérica baseada na idéia de centro e de periferia. Devido a esta dualidade natural, alguns comportamentos também são verificados e tidos como repetitivos. Exemplo disso é a retroalimentação entre movimentação urbana e acumulação morfológica. Para Hillier *et al* (1993; p4), o que é invariante sobre Movimento Natural³ é a "lógica que liga a configuração espacial ao movimento. O elemento-chave é a relação na qual o movimento natural é uma propriedade global da configuração, em que isso responde aos parâmetros configuracionais que relatam cada elemento espacial a cada outro elemento em um sistema (...)". Para o autor, haveria convergência de fluxos para áreas centrais, da mesma forma que estas dariam lugar a um maior potencial construtivo. Kovács e Gale (1992) atribuem ainda a propriedades de conectividade diferenças entre os padrões convergentes de movimento. Para os autores, a principal tendência à concentração de fluxos seria junto dos espaços e articulações que possuem menores distâncias geográficas entre si. Teklenburg (1992 a, 1992 b, 1993) atribui a espaços de vizinhança os

³ O movimento natural (Natural Movement), proposto pelo autor e colaboradores é na verdade uma teoria associativa entre tráfego de pedestres, configuração e atratores. Segundo os autores, a Configuração pode influenciar o tráfego e o posicionamento dos atratores, sem ser influenciada por eles. Já atratores e fluxos podem se auto-influenciar.

resultados mais eficientes ao se medir padrões de comportamentos de agentes urbanos. Tais assertivas parecem indicar que as diversas esferas locais espalhadas pela cidade possuam grande influencia sobre os padrões de locomoção global.

Se adaptarmos os novos paradigmas das teorias de Rede para aplicações dentro de ferramentas e teorias já bem cristalizadas dentro dos estudos urbanos, poderemos desenvolver um método experimental de pesquisa evolutiva urbana, baseada tão somente em suas condições de conectividade interna. Isto acresceria uma noção dinâmica e intertemporal às consagradas técnicas de análise de estados espaciais.

Portanto, o tema abordado pela presente dissertação parte do seguinte questionamento:

Como podemos representar a evolução espacial de uma cidade a partir das condições de centralidade analisadas em diferentes estágios de seu desenvolvimento?

Uma vez teorizados e aplicados a um estudo de caso, os dispositivos de modelagem deverão apresentar um ordenamento sistemático e possível de ser reproduzido, de modo a estimular a emergência de padrões auto-organizáveis dentro do sistema urbano em questão. Desta forma, pode-se afirmar que a abordagem aqui apresentada está baseada no corpo de pesquisas das *DINÂMICAS URBANAS* e incorpora aspectos conceituais de Teorias de Redes, inseridos dentro do campo da Sintaxe Espacial.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

O tema sugerido deverá ser explorado de forma a analisar o processo de diferenciação espacial com base nas relações de conexão que os vértices apresentam durante os vários estágios temporais. Para isso, será necessário a elaboração de um modelo descritivo, bem como de ferramentas auxiliares de descrição e análise dos resultados. Mais do que isso, devemos estar

preocupados em definir um comportamento de rede aplicável ao estudo urbano para ser examinado.

Este pré-requisito parece vir da noção de formação de centros e da consolidação de zonas estáveis e hierarquicamente atratoras de movimento e constituição morfológica em terreno urbano. Assim, o que vemos na realidade é a influência direta de antigos centros na distribuição de estoques, de vias urbanas, de padrões de movimentação, preço de terra e usos do solo, aquisição de conhecimento e formação de uma imagem urbana, dentre outros. De acordo com as noções básicas de lógica social do espaço (Hillier & Hanson, 1984), mesmo que a cidade desenvolva uma rota de crescimento excêntrica, as pessoas que a habitam tenderiam a ter como ponto convergente de destino e trabalho as zonas que durante a trajetória de evolução urbana apresentaram condições de centralidade e por isso se transformaram em atratores configuracionais. Isto significa considerar os estados pregressos de auto-organização da cidade.

Ao aplicarmos medidas urbanas de avaliação topológica de modo tradicional, o que observamos é uma flutuação de valores orbitando em torno de um núcleo global de integração, geralmente localizado no centro geográfico do sistema, cuja distribuição de seus valores obedece a um gradiente decrescente a partir deste centro geográfico. Transpondo esta aferição para a prática, seria como condicionar o posicionamento do centro da cidade ao crescimento territorial da cidade. Ao situa-lo sempre no ponto médio da trama ao invés de indexá-lo à soma dos processos históricos e cumulativos que se verificam em ambiente urbano, estas operações tradicionais tendem a prescindir de fatores que possuem relações mais estreitas com a organização interna da cidade. Logo, haveria um descolamento do que observamos como centro da cidade daquilo que aferimos a partir do cálculo de medidas topológicas pelo modo convencional.

Ainda assim, um espaço caracterizado como *centro urbano* experimenta um acréscimo no fluxo de agentes, os quais o toma o ponto referencial de destino. Esta demanda será atendida até a obtenção de um patamar de saturação, provocado geralmente pelo esgotamento da capacidade física (dimensões das vias, alturas máximas de edificação, etc) ou legal (índices de aproveitamento, recuos obrigatórios, etc). Ao atingir esta situação, os trechos

adjacentes passam a absorver o fluxo restante. De maneira reducionista, verifica-se que ao espaço de origem do centro local, novos e adjacentes espaços vão sendo ‘escravizados’ por este *ponto-semente* pioneiramente detectado. Este ponto seria o responsável pela identificação de toda a zona como sendo de carácter central e o responsável por uma possível redução de distâncias de locomoção, à medida que o deslocamento seria feito em uma esfera de auto-organização hierarquicamente superior.

Dadas tais premissas, podemos sucintamente elaborar os seguintes questionamentos-chave que motivaram a pesquisa:

a) O Fundamento: *Como se pode detectar topologicamente a existência de um espaço caracterizado como um centro urbano?*

b) A Dinâmica: *Como se pode simular a evolução dos centros urbanos de modo semelhante ao que verificamos em ambiente real?*

c) A Utilidade: *Que resultados podemos extrair da análise da formação e consolidação dos centros urbanos dentro do panorama recente de um sistema espacial?*

1.3 HIPÓTESES

Com base nos questionamentos, formulamos a seguinte hipótese geral:

O crescimento urbano muitas vezes leva a uma dissociação dos centros vivos – identificados na realidade, dos centros topológicos – identificados na maioria dos estudos de simulação e modelagem de estados. O elo que os ligaria novamente estaria no fato de que as antigas morfologias urbanas exerceriam um peso diferenciado nas análises de estado subseqüentes. Devido a estudos que comprovam que os comportamentos espaciais são

melhor identificados em escala local, os centros urbanos, históricos ou recentes, seriam melhor identificados também na escala local. Isto significaria que os centros globais atuais, na verdade, são formados pela intersecção entre os diversos centros locais que emergem ao longo do crescimento urbano e, como tal, servem também como monitoradores do crescimento e da unidade urbana.

São igualmente formuladas as seguintes hipóteses de reforço:

- a) O centro global não seria uma zona única e coesa. Ao invés disso, seria composto por diversos centros locais amalgamados entre si através de espaços notáveis que incorporariam a importância topológica de toda uma área e conexões de espaço notável para espaço notável e de espaço notável para o tecido urbano não-diferenciado bastante claras.

- b) Por causa de um fenômeno verificado topologicamente o qual podemos chamar de “compressão espacial”, a cidade poderia ser pensada como uma rede hierarquizada e sintética, onde as distâncias intraurbanas seriam comprimidas e vastas áreas do território da cidade poderiam ser representadas por alguns poucos espaços notáveis de centro e/ou de rotas de transição, o que facilitaria desta forma o fluxo de matéria e energia dentro da malha urbana.

- c) O fenômeno de formação de centros urbanos seria espacialmente cumulativo, onde pré-existências pioneiras tenderiam a ampliar probabilisticamente seus pesos através de conexões remotas. O centro global encerraria dentro deste conceito uma zona multicentral

local e interacessível, criando um elo espacial (através de rotas preferenciais de movimentação) e histórico (centros pioneiros sendo conectados a centros contemporâneos).

1.4 OBJETIVOS:

A principal meta do trabalho é:

Estudar a influência que centros locais exercem sobre a estrutura urbana, buscando assim uma explicação configuracional mais eficiente para explicar como as cidades, mesmo que em crescimento desigual e acelerado, ainda conseguem manter relações tão fortes com seus centros locais primários, cuja formação remonta às origens do sistema urbano.

Também há interesse específico nos seguintes pontos:

a) *Montar um sustentáculo teórico aproximando técnicas consagradas e aperfeiçoadas dentro dos estudos urbanos de novos avanços no campo matemático das teorias de redes aleatórias, buscando visualizar a configuração da cidade como um processo resultante das diferenças de conectividade;*

b) *Compor de modo experimental um modelo computacional baseado nas relações de conectividade da malha e de rotinas que simulem comportamentos de redes, permitindo a descrição, de modo mais eficiente, do fenômeno naturalmente observado de formação e evolução de centros urbanos; tidos aqui como os resultados de um processo de diferenciação que envolve compressão espacial e acumulação temporal.*

c) *Analisar a potencialidade de possíveis comportamentos de rede de se tornarem objetos de simulação do modelo, medindo assim sua versatilidade e robustez.*

1.5 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A partir da metade do século XX, a questão urbana vem crescentemente sendo vista e explorada como um laboratório para pesquisas multidisciplinares e pela conceituação cada vez mais aceita de que a cidade é um organismo vivo, formado e reformulado pela sobreposição de diversas ações cotidianas praticadas pelos diversos agentes que compõem o meio urbano. Adapta-se desta forma uma conceituação humanista⁴ e sociológica⁵ para a cidade. Para HILLIER (2003; p19) os 'objetos' ambientais e os 'sujeitos' humanos estão profundamente amalgamados entre si, com a 'subjetividade' aparecendo na 'objetividade' do mundo, tanto quanto a objetividade do mundo aparece na subjetividade humana. Para Krafta *et al* (2000, *extraído de Tucci et al - 2000; p 419*), Esta [*a cidade – nota do pesquisador*] seria um caleidoscópio, um texto escrito por muitos autores e lido de formas particulares por muitos leitores. (...) estaria em constante transformação, submetida a forças aleatórias e decorrentes de associações fortuitas e mutantes.

⁴ O humanismo existe como corrente filosófica desde o Iluminismo francês. Foi com Martin Heidegger, no entanto, que se formatou um discurso contemporâneo. Segundo o pensador (Heidegger, 1947), por ser dotado de linguagem, o homem tem a condição necessária para a manifestação do próprio ser no tempo, não como objeto tradicional das ciências e filosofia ocidental, mas na forma de uma subjetividade entrelaçada, na qual sujeito e objeto se mesclam em um pensamento originário. A essência do homem, contudo, não se resume em ser um organismo animal que pensa. Ao homem cabe proteger a verdade do ser e, por conta disso, o ser não pode se identificar com o ente. O que está em jogo, portanto, não é o homem, mas sua história e origem, do ponto de vista da verdade do ser: "a essência do homem reside na existência", isto é, o humanismo deve voltar-se não para o ente humano, mas sua existência autêntica na verdade do ser-no-mundo. Este pensamento inspirou os primórdios das ciências econômicas urbanas e de modelagem baseada em agentes, vendo no homem um ser racional, capaz de tomar decisões para benefício próprio. (adaptado de ROSETE, Isabel *in* www.consciencia.org/contemporanea.shtml)

⁵ Segundo Durkheim, em *Da Divisão do Trabalho Social*, existem duas formas de solidariedade social: a **mecânica** ou por semelhanças, típica das sociedades pré-capitalistas, onde os indivíduos se identificam através das semelhanças; e **orgânica** ou por diferenças, característica das sociedades capitalistas, onde, através da divisão do trabalho social, os indivíduos tornam-se interdependentes e garantem assim a união social. Estes dois princípios ajudariam a construir os padrões espaciais diferenciados na paisagem urbana e é um dos pilares teóricos da Sintaxe Espacial (Hillier, Hanson 1984).

Acima de tudo, porém, passa-se a tratar a cidade de forma diferente à do planejamento tradicional. Ainda segundo Krafta *et al* (2000, extraído de Tucci *et al* - 2000; p 419), dentro deste novo panorama, planos, projetos e regulamentos emergem não mais como os meios de uma pretensa condução do processo de transformação urbana, mas como uma força externa, entre outras, a provocar processo internos diversos da relação causa-efeito imediata associada à seqüência ‘regulamento <-> forma “final” ‘.

Isto posto, pode-se afirmar que o presente trabalho visa contribuir para a fundamentação de uma visão sistêmica e multidisciplinar de mundo, procurando retratar a cidade e sua evolução como conseqüência e causa de seu próprio relacionamento interno, visto aqui como o somatório de processos individuais que terminam por “esculpir” a cidade a partir da forma como vivenciam o espaço urbano. Quer seja se movimentando quer seja utilizando seus espaços de destino. Procuramos buscar uma descrição de processos isenta de recursos ou preferências de estilo. Em seu lugar, o processo produtivo e analítico dos resultados envolverá o uso de uma base teórica e de uma ferramenta de pesquisa adequadas à metodologia de investigação adotada.

O estudo se justifica pelo esforço concentrado em se obter resultados significativos através de uma disciplina metodológica que alia:

a) A adoção de uma visão sistêmica: a utilização de uma abordagem sistêmica aparece como uma decorrência da natureza dos processos envolvidos na dinâmica urbana onde, para Faria (2002; p 7), reconhecidamente a adequada definição dos elementos componentes e das interações entre estes elementos é de fundamental importância para a compreensão dos dados observados. Para Echenique (1976; p 13), numa abordagem sistêmica, os fatores principais a serem evidenciados são justamente os elementos do conjunto (ou sistema), o próprio sistema e as interações ou relações entre os diversos elementos componentes. O enfoque sistêmico apresenta ainda especial vantagem para se lidar com problemas demasiadamente vastos em termos de serem tratados de forma adequada sem instrumentos auxiliares. Nestes casos, a adoção de uma abordagem sistêmica facilita o uso de sistemas de representação e simulação da realidade, o que pode ser um instrumento auxiliar útil para testar hipóteses.

b) A interdisciplinaridade: um dos esforços mais consideráveis dentro da pesquisa foi o de unir técnicas consagradas dentro dos estudos urbanos a novas descobertas matemáticas no campo das redes aleatórias. Os estudos urbanos, interdisciplinares por excelência, são plataformas ideais para a mescla de técnicas, muito por ser composto também de mesclas de atividades e processos envolvendo ciências não raramente conflitantes. Ao propor novas ‘costuras’ teóricas, o estudo contribui, pensamos, para ampliar um pouco este universo explicado à luz de tão diferentes pontos de vista.

c) O uso de modelagem e simulação: A palavra modelo é um termo que se emprega de maneiras distintas. Como substantivo, significa uma representação; como adjetivo, o grau de perfeição e como verbo, usa-se para demonstrar ou explicar algo.

Reif (1973) define modelo como uma representação do nosso nível de conhecimento de uma situação concreta correspondente. Echenique (1976) também define modelo como uma representação da realidade, em que esta se faz por meio da expressão de certas características relevantes. Ambas definições apresentam o modelo como uma simplificação de um sistema real, reduzindo-o a um nível menor de complexidade, mas ainda capaz de representar os aspectos ou propriedades relevantes da complexa realidade.

Os modelos propiciam uma estruturação simplificada da realidade. É no caráter seletivo que reside seu valor, o de obscurecer o detalhe incidental e realçar os aspectos fundamentais da realidade. O valor do modelo está diretamente relacionado com seu nível de abstração. Black (1962) considera os modelos como “instrumentos de especulação” e com possibilidades de sugerir novas hipóteses em um campo de investigações.

1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O desenvolvimento do estudo foi dividido conforme as partes abaixo

- 1- INTRODUÇÃO:** apresenta uma visão geral da problemática abordada, colocando de forma resumida a descrição do objeto de estudo, a delimitação do tema, hipóteses, objetivos, e a relevância da pesquisa

proposta. Nesta parte também são definidos a fundamentação teórica a ser adotada, a relevância do trabalho e a estruturação montada para a apresentação do mesmo.

- 2- **REFERENCIAL TEÓRICO:** apresenta o embasamento teórico utilizado, partindo dos conceitos e representações conhecidas dos Estudos Urbanos, para em seguida tratar de teorias advindas de áreas paralelas de conhecimento.
- 3- **MONTAGEM TEÓRICA:** trata de formatar uma “costura” entre a série de elementos referenciais expostos no capítulo anterior, buscando viabilizar uma construção teórica de um modelo computacional para a investigação do problema de pesquisa.
- 4- **METODOLOGIA:** delineamos os procedimentos do modelo computacional e a aplicação de testes de validação e calibragem.
- 5- **ESTUDO DE CASO:** aplica o modelo a um caso real (representado aqui por diversos estágios evolutivos da cidade de Porto Alegre).
- 6- **ANÁLISE DOS RESULTADOS:** neste capítulo temos a aplicação do método de verificação dos resultados obtidos no estudo de caso. Debateremos os dados obtidos à luz de diversos comportamentos sociais naturalmente identificados em redes urbanas.
- 7- **CONCLUSÃO:** é feito um balanço do estudo desenvolvido, buscando sintetizar as limitações, as potencialidades e os encaminhamentos mais claros para o prosseguimento de estudos baseados no desenvolvimento teórico e metodológico exposto. Faz-se uma conclusão final acerca do grau de êxito alcançado na busca dos objetivos e verificação final de hipóteses de pesquisa.
- 8- **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:** capítulo que referencia fontes de consulta e pesquisa utilizadas ao longo do processo de estruturação do trabalho.
- 9- **ANEXOS:** materiais e dados obtidos, tratados e/ou produzidos ao longo do estudo e que serviram de auxílio e referência durante todo o encaminhamento científico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A forma de realizar o recorte da realidade e os procedimentos metodológicos a serem utilizados na análise dos fenômenos são decorrentes de uma postura ou "visão de mundo" adotada pelo autor e da natureza do objeto de estudo em si.

O objetivo desta revisão teórica é o de evidenciar os principais 'recortes' e abordagens teóricas destacados para compor a base necessária para a montagem conceitual da pesquisa e, de certa forma, reforçar o caráter multidisciplinar desta.

Os principais fundamentos teóricos apresentados objetivarão :

- a) Produzir um relato sobre a evolução dos estudos de acessibilidade ;
- b) Discorrer sobre técnicas atuais de representação e análise espacial baseadas em Sintaxe Espacial, construídas através de reinterpretações de medidas topológicas, distâncias e de critérios para a definição de conexões viárias;
- c) Introduzir o conceito de redes randômicas e de Small Worlds;
- d) Introduzir o conceito de percolação em sistemas urbanos.

Finalizando este capítulo, será apresentada a própria abordagem teórica, montada a partir de aspectos e características revistas durante a primeira parte deste. Esta abordagem servirá também como base introdutória ao capítulo de Metodologia, apresentado seqüencialmente.

2.1 ACESSIBILIDADE E FORMAÇÃO DE CENTROS

2.1.1 A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

Nyusten (1968) preocupou-se em considerar como tantos conceitos independentes constituiriam a base para uma abordagem espacial do fenômeno urbano. Nyusten encontrou uma série delas. Distância, padrões, posições relativas, lugar. O presente estudo irá se preocupar com aqueles conceitos que serão posteriormente desenvolvidos, sem esgotar o conteúdo do texto que serviu de base analítica. Voltando a este último, o autor se pergunta: “que subtipo destas palavras comuns são necessárias e suficientes para expressar o ponto de vista geográfico?” Distância, por exemplo, é um dos principais conceitos presentes na maioria dos estudos geográficos. Mas há vários tipos de distância, com diferentes propriedades e características. Na verdade, esta sentença também se aplica aos demais conceitos. Diferentes tipos de distância são apenas um dos exemplos. “As propriedades de todos os conceitos básicos podem variar de modo sutil, porém importante. Definições operacionais de palavras e o subsequente uso consistente delas representam os conceitos em contextos particulares necessários para cada estudo” (Nyusten, 1968; p4).

Nyusten resgata a ideia do plano isotrópico de Von Thünen como abstração perfeita para se estudar o fenômeno urbano, com um elemento mínimo de orientação direcional, que pode ser uma “localização ou ponto e uma linha visual ou raio”. Um determinado ponto afastado deste centro possuirá uma determinada distância ou afastamento e o geógrafo já prevê certa maleabilidade em termos da aplicação desta propriedade: “A distância entre dois pontos é geralmente definida geodesicamente, isto é, o caminho mais curto entre dois pontos em qualquer espaço e medida de unidade que seja considerada. Há muitos espaços e medidas possíveis. Estes espaços são definidos por propriedades inseridas às medidas de distância. Eu não vou definir uma distância que seja apropriada a todos os problemas geográficos. Não há nenhuma. O problema deve ser considerado e então, as propriedades de medidas de distância especificadas”. Isto nos é

bastante caro ao que iremos desenvolver nos próximos tópicos. O autor menciona também alguns conceitos fundamentais aos estudos configuracionais urbanos. É o caso da conectividade, vista por ele como “a melhor expressão de uma propriedade topológica do espaço. As propriedades de conectividade podem permanecer fixas sob transformações que mudam relações de direção e distância. Um mapa dos Estados Unidos pode ser alongado e torcido, mas desde que cada um dos estados continue conectado com suas vizinhanças, as posições relativas não mudarão”. Isso nos permite afirmar que a conectividade é independente de direções e de distâncias. É uma medida binária: ou existe ou não existe.

Nossa principal medida de estudo, no entanto, não é abordada por Nyusten, por ser uma propriedade que vem da análise das conexões da trama urbana (devidamente reduzida a um sistema de grafos, como nos solicita o geógrafo). Estamos falando da Acessibilidade.

Para Haynes (1998; p2), a acessibilidade “é para a ciência urbana o que a matéria escura é para a cosmologia: A massa invisível que detém as chaves para muitos quebra-cabeças espaciais”.

O termo acessibilidade é freqüentemente usado em geografia urbana descrevendo o fenômeno de variação espacial, o crescimento das cidades, a localização das funções e facilidades, a justaposição dos usos do solo, etc.

As primeiras aproximações importantes acerca do tema foram feitas por Hansen (1959), relacionando acessibilidade e forma urbana, trabalhando sobre o conceito de retroalimentação existente entre ambas. Para o autor, a acessibilidade é o potencial de oportunidade de interação no espaço, ou seja, uma generalização da relação entre população e distância. Neste modelo, a Mobilidade é encarada como um potencial para o movimento, enquanto que a Acessibilidade é um potencial para interações. Assim, localizações com boa acessibilidade têm maior chance de serem desenvolvidas, e uma maior densidade, do que localizações remotas. O autor utiliza a medida como um conceito integrador no estudo de usos do solo e planejamento de transporte. Esta dualidade também se tornou a base para a maioria dos modelos de transporte urbano criados desde então.

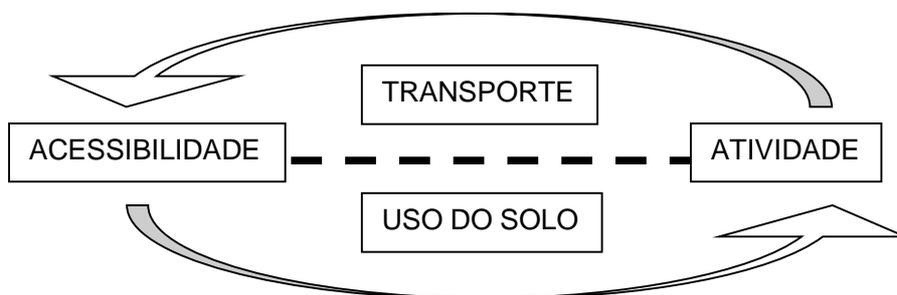


Fig 01: Hansen (1959), a Mobilidade seria o potencial para a Movimentação, enquanto que a Acessibilidade seria o potencial para Interações. Desta forma, a distribuição das oportunidades de interação determina a localização das Atividades Urbanas (Colussi, 2006, p0 1).

Para Gould (1969), *acessibilidade* “é um dos termos comuns que todo mundo usa até que tenham que enfrentar o problema de defini-la e medi-la”. Ingram (1971) define acessibilidade como uma característica inerente de um espaço junto com alguma forma de controle espacial que funcione por meio de fricção, que pode ser tempo e/ou distância e, verifica ainda, que variações nos graus de acessibilidade são relacionados com variações em densidades populacionais e valores da terra, uma vez que a acessibilidade refere-se à capacidade de atingir, ou seja, é uma medida de proximidade entre dois pontos. Para deixar claro e operacionalizar estas definições, Ingram introduz duas noções subsidiárias: a acessibilidade relativa e a acessibilidade integral. A primeira é definida como “o nível em que dois espaços (ou pontos) de uma mesma superfície são conectados”. A segunda é tida “para um ponto, como o nível de interconexão com todos os outros pontos na mesma superfície”. A forma operacional de acessibilidade é definida como “sendo dependente de um conjunto de acessibilidades relativas para um determinado ponto”.

A acessibilidade tem uma importância fundamental na estruturação do conceito de sistema urbano e também está intimamente relacionada com o uso do solo e sua intensificação. Wingo (1972) considera a acessibilidade como uma qualidade relativa muito próxima ao serviço oferecido e que favorece uma parcela do solo em relação a outras, fazendo com que cada localização na cidade possua um determinado custo. Para Dereycke (1971), a acessibilidade é um conjunto de facilidades de acesso e proximidades necessárias para otimizar uma atividade econômica. Buchanam (1973) também apresenta a acessibilidade como a

facilidade de acesso dentro do sistema urbano, afirmando que modificações no desenho urbano, particularmente no sistema viário, são capazes de modificar as relações de acessibilidade.

Para cada tipo de variável medida, há uma representação particular da realidade, com um objetivo particularizado no estudo urbano. Pirie (1979) agrupa as medidas de acessibilidade urbana em quatro grupos: as medidas de distância, as medidas topológicas, as medidas gravitacionais e as medidas de oportunidade acumulada.

As *medidas de distância* são representadas por um mapa de acessibilidades em que se pode aferir a cada ponto da malha, a partir de centróides em cada zona, a distância, o tempo ou o custo de deslocamentos entre eles. Assim, cada modo de transporte pode ser medido por um mapa de deslocamentos diferenciado a partir do custo, tempo ou das distâncias de transporte utilizado e das vias onde é utilizado.

As *medidas topológicas* utilizam-se das teorias dos Grafos para a representação do mapa de acessibilidade. Dessa forma, as medidas são obtidas a partir do número de ligações a cada ponto de ligação entre os caminhos (nó ou junção). O mapa de acessibilidades é representado pela quantidade de ligações associadas a cada nó, ponderado pela média de ligações existente, entre todos os nós da malha urbana.

As *medidas gravitacionais* também relacionam distância, tempo e custo, porém o fazem por meio da intensidade de atividades na origem e no destino dos deslocamentos entre dois pontos. Mais precisamente, define-se que a acessibilidade do ponto um para uma atividade dois é diretamente proporcional ao tamanho da atividade dois e inversamente proporcional a alguma função de distância que separa o ponto um da atividade dois.

As *medidas de oportunidade acumulada* definem a quantidade de oportunidades (serviços, empregos, equipamentos públicos, etc) possíveis de serem acessados segundo diversos tempos ou distâncias de deslocamentos urbanos.

Estas medidas definidas por Pirie são quantitativas, encontradas nos modelos urbanos e objetivam produzir subsídios para o planejamento e desenho urbano de nossas cidades. Desse modo, um dos principais enfoques do trabalho, que é diretamente associado com medidas de acessibilidade, é a definição dos caminhos mínimos, os menores percursos possíveis entre um par de pontos específicos (origem – destino), identificando os espaços abertos públicos mais centrais. A distância que separa estes dois pontos sempre afeta o índice de acessibilidade relativa entre ambos. A distância considerada neste caso e num primeiro momento, passa a ser uma distância topológica, que pode ser entendida como aquela distância que abstrai as características geométricas, utilizando -se tão somente do grau de profundidade no sistema que os dois elementos possuem entre si.

2.1.2 A FORMAÇÃO DE CENTROS

Em última análise, medidas topológicas, como a de acessibilidade e seus derivados, são necessárias para um único fim: medir a complexidade espacial através da diferenciação da trama urbana, extraída com base nas relações de conectividade existentes entre os espaços. Disso, a noção primordial que surge é a da relação dialética entre *Centro x Periferia*, na qual dividimos os espaços conforme suas posições no ranking de medidas. A noção de centro é integrativa. Tende-se a verificar que os valores mais integrados compõem o centro de um ambiente; ao passo que os espaços mais segregados tenderiam a ocupar as posições periféricas do sistema. Para Hillier (1999; p01), “o termo *centro* aplicado a assentamentos, possui elementos funcionais e espaciais. Funcionalmente, significa uma distinta concentração e variação de atividades em uma certa área, espacialmente, uma certa posição para uma certa área contida em um assentamento”. Para Krafta *et al* (2005; p03), “o senso comum diz que a noção de centro é agregativa, significando que, incorporados no conceito, estão pedaços de espaço, formas, ações e práticas”. Esta simples noção configuracional tem conseqüências espaciais dinâmicas, as quais só podem ser realmente

compreendidas se examinadas temporalmente. Assim, a formação de centros urbanos poderia ser encarada como um processo proporcionalmente estimulado pelo crescimento urbano. Deste processo tende a emergir um centro dinâmico, porém estável. Nestes recortes do tecido urbano, os processos funcionais de Hillier e de acumulação de práticas de Krafta possuem maior probabilidade de permanecerem ativos e evidentes ao longo do tempo, e viriam a caracterizar a formação de um “Centro Vivo” (Hillier, 1999). Para o autor, (1999, p;03), “Centros podem também se diversificar com o crescimento, e a tendência à especialização funcional de sub-áreas que encontramos em ‘centros’ históricos pode, em grandes cidades, tornar centros espacialmente distintos para diferentes tipos de funções”. Com tempo e crescimento suficiente, o problema da formação de centros em assentamentos toma uma outra forma. Na maioria das cidades, de qualquer tamanho, a questão não é simplesmente a detecção de centro ou centros em evolução. mas sim uma hierarquia de centros e subcentros que se difundem pela estrutura urbana, através do surgimento de centros locais que vêm a possuir comportamentos distintos: podem primeiramente apenas possuir uma importância local, globalmente sem destaque. Podem ser ou somados aos centros pregressos reforçando o poder de atração destes. Podem eventualmente rivalizar com os centros anteriores, criando dicotomias urbanas.

Para Hillier (1999; p03), “Novamente, não estamos lidando com estados inertes. Em todos os níveis de hierarquias, centros crescem e decrescem, freqüentemente em resposta a condições de mudanças um tanto distantes dos centros verdadeiros”, ou seja, em resposta às mudanças atribuídas aos vetores de crescimento periférico da malha urbana. O surgimento espontâneo de centros ao longo da evolução urbana também concorre para a formação de regiões multicentrais, que podem ser definidos como complexos de facilidades interdependentes: zonas em que são disponibilizados determinados bens ou privilégios de modo que todos podem ser adquiridos facilmente, após aportar em um multicentro. Disso podemos aferir algumas propriedades. Dentre elas e stá o que podemos chamar de *interacessibilidade* como uma característica-chave. Para Hillier, (1999; p13), “deve ser possível transitar de uma facilidade para outra por

uma rota rápida e fácil que fica dentro do centro urbano (...) para maximizar o acesso natural a todas as facilidades”.

Em suma, o que se imagina para um centro urbano pode ser descrito como uma região funcionalmente dinâmica, mesmo que ancorada em estados progressos nos quais os espaços topologicamente mais integrados eram também aqueles dotados de posições relativas privilegiadas na malha urbana. A estes pontos historicamente referenciais dentro do sistema urbano, soldam -se pedaços adjacentes de espaço, e isso se repete hierarquicamente, a partir da emergência de novos pontos de referência.

Logo, regiões multicentrais serão aquelas compostas de vários destes centros, interligados entre si através de eficientes corredores de fluxo, de modo a tornar todos os centros acessíveis tanto entre si –*interacessibilidade*, como também entre interior/exterior. Isto é, da mesma forma que verificamos livre trânsito interno, o ingresso de agentes urbanos na região também é facilitado. Regiões multicentrais também podem ser pensadas como catalisadores de processos de ascensão/descensão inter -escalas, agindo como facilitadoras do tráfego entre patamares globais e locais e, por definição, transformando estes lugares nos mais acessíveis do sistema.

Hillier (1999) experimentalmente define a forma padrão de um “centro vivo” como sendo a de uma “batata espetada” (*spiky potato*): um lugar circular ou elipsoidal , concentrando a zona de *interacessibilidade* propriamente dita, com ligações axiais radiais, cujo significado seria o mapeamento das principais rotas de acesso a este centro. Para o autor, (1999; p15), “ ‘Centros vivos’ exitosos requerem tanto uma posição global no assentamento quanto condições de layout local compactas e *interacessíveis*. Este é o modelo básico da formação de centros”.

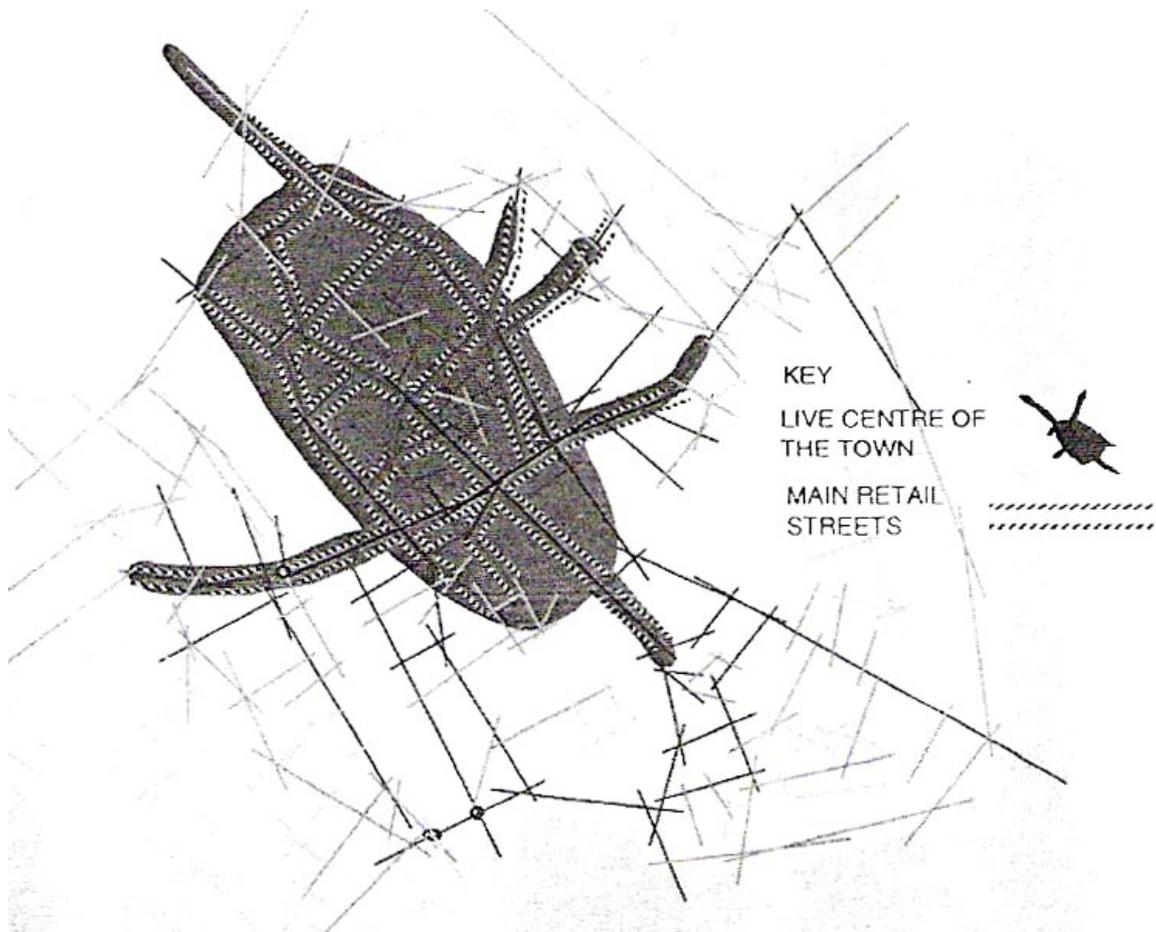


Fig. 02: O processo de formação de centro da cidade de York, a partir da aplicação "ortodoxa" da sintaxe espacial, como o próprio autor sugere, ponderada pela verificação dos pontos de comércio presentes nos segmentos axiais. O resultado é um núcleo compacto, integrado com a periferia através de linhas que possuem maiores valores de integração do que as demais, simbolizando os principais acessos ao convexo "Centro Vivo". Hillier 1999 (adaptado).

2.2 EM BUSCA DE UMA ABORDAGEM SINTÁTICA ALÉM DA TRADICIONAL

2.2.1 A LÓGICA DA SINTAXE

O objetivo deste tópico é apresentar recentes representações topológicas formuladas a partir de princípios tradicionais de estudo urbano via Sintaxe

Espacial (Hillier & Hanson, 1984), com o intuito de possibilitar uma análise de dados mais adequada à metodologia que pretendemos aplicar.

Conforme seus autores, o espaço urbano seria dotado de uma lógica social capaz de ser compreendida. Esta lógica estaria fundamentada nos princípios culturais: das várias maneiras de articulação entre edificação e espaço abertos utilizadas, bem como de sua repetição para formar áreas urbanas; de como a sociedade faz uso destas formas de articulação para estimular os diferentes tipos de relações socialmente aceitas; do efeito que a forma urbana assim gerada influencia a própria coletividade que a gerou. Para Hillier & Hanson (1984), “(...) os três tipos de leis, embora analiticamente separáveis, eventualmente unem-se em uma proposição fundamental: as sociedades humanas ordenam seu retorno espacial de modo a construir uma ‘cultura espacial’, isto é, uma maneira distinta de ordenar o espaço de tal forma que produza e reproduza (...) os ‘princípios para ordenar as relações sociais’”. A leitura disto poderia ser resumidamente compreendida como uma relação simbiótica entre movimentação espacial e produção morfológica.

Para Gebauer (1981), a morfologia urbana é uma forma de ver a cidade que garante amplas perspectivas de análise funcional, econômica, histórica, etc., mas a contribuição mais importante dessa definição é que a forma física não pode ser separada do contexto. A cidade é considerada como produto de dois fatores: a estrutura física – composta por espaços abertos (públicos e privados) e pelas formas construídas, e o contexto – processos sociais, econômicos, históricos, culturais que interagem com a estrutura física da cidade e determinam as atividades desenvolvidas (estrutura funcional). Sob esta ótica, a cidade é considerada, em uma primeira instância, um fato físico concreto e, em segunda instância, um organismo em evolução sujeito a transformações, de acordo com as mudanças sociais e, por fim, como um foco de integração entre as forças sociais (contexto) e o ambiente construído.

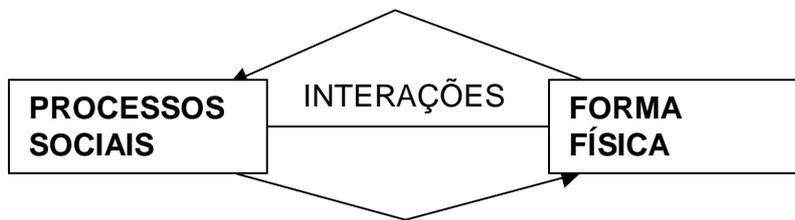


Fig. 03: Diagrama relacional entre a forma urbana e os processos sociais (Gebauer, 1981; cap02 - adaptado)

Hillier & Hanson (1984) apresentam a morfologia urbana como tendo duas dimensões fundamentais, uma *global* e uma *local*. A dimensão local é dada pela relação mais imediata entre o sistema edificado e o espaço público, para o qual o sistema edificado possui interfaces. A dimensão global estrutura o conjunto espacial e permite compreender, não só de que forma se organizam as partes do sistema, mas também como são estruturadas as relações que se dão no sistema urbano. Neste caso, a análise morfológica pode ser encarada como um instrumento que possibilita revelar as características físicas dos objetos – a cidade e suas partes – sempre considerando a diversidade e complexidade existentes na cidade.

Hillier *et al* (1993) introduz o conceito de *movimento natural*, a proporção do movimento de pedestres e veículos determinado pela própria configuração da malha urbana, sem possuir qualquer ordenamento cultural, ao contrário, reflete as diferentes lógicas espaciais da malha urbana, e gera padrões de movimentação intra-urbana que emerge de acordo com a estrutura da cidade ⁶.

Hillier & Hanson (1984) argumentam que parte do convívio social dentro do espaço urbano está intimamente ligado à sua configuração. Para eles, a distribuição de atividades e fluxos acontece em função da acessibilidade proposta

⁶ De certa forma, os autores endossam o trabalho prévio de Hansen (1959) que se utiliza da analogia gravitacional, o comportamento de ‘massas de emprego’ e as ‘moléculas residenciais’ espalhadas pela paisagem, para criar um modelo de interação espacial baseado na localização residencial em função da acessibilidade aos sítios de trabalho, e os fluxos gerados a partir disto; sendo sucedido por uma série de modelos de mesma natureza, mas que agregaram sistematicamente novos itens de análise – o caso de Lowry (1964), Alonso (1960), Wingo (1965), Echenique (1971), dentre outros.

pela malha, em Sintaxe chamada de *medida de integração*,⁷ e para descrevê-la adotam uma única variável, o *espaço público*, que tem a propriedade de gerar os movimentos de pedestres, determinando a hierarquia dos espaços e a localização das atividades. A medida de integração, portanto, é calculada somente pela análise do sistema viário e os espaços mais acessíveis são obtidos mediante a verificação das conectividades⁸, que são entendidas como o ponto em que uma linha cruza ou intercepta outra, extraídas da redução da realidade em um *mapa axial*, que será explicado na seqüência.

O cálculo da medida de integração é dado pela Relativa Assimetria (RA), cuja fórmula é:

$$RA=2(MD-1)/K-2$$

Onde:

RA é a Relativa Assimetria;

MD é média das profundidades de todos os espaços com relação aos demais;

K é o número dos espaços do sistema.

É importante lembrar que *MD* é uma forma topológica de medir distâncias, uma vez que é carregada de acordo com os níveis de profundidade dos espaços (obtidas através do grafo do sistema), e é uma variação da equação geral da medida de acessibilidade:

$$Acess\ i = \sum d(ij)$$

Onde:

i é um espaço genérico;

$\sum d(ij)$ é o somatório das distâncias dos demais espaços do sistema ao espaço genérico.

⁷ A medida de integração pode ser explicada como uma medida topológica de acessibilidade. Relaciona uma linha axial com o restante do sistema, através do número médio de “passos” que devem ser dados para se chegar de qualquer outra linha da trama à linha em questão. As linhas axiais que possuírem maior medida de integração serão aquelas cujos números médios de passos forem os menores entre todas as outras. Linhas mais integradas são, por conseguinte, as mais rasas do sistema. Ao contrário, as que necessitarem de mais “passos” para serem acessadas, serão linhas mais profundas, menos integradas, mais segregadas.

⁸ Conectividade é a propriedade espacial que permite identificar a quantidade de *ligações* que cada espaço mantém com os outros espaços do mesmo sistema. Ligação pode ser entendida como a relação de adjacência existente entre dois espaços componentes do sistema. Esta propriedade também permite relacionar as edificações aos espaços abertos, através de permeabilidades mantidas entre os domínios público e privados (Limberger, 2000; p24).

Teklenburg *et al* (1992a) refina e complementa matematicamente o modelo de Assimetria Relativa e trabalha com a Integração como conceito central dentro da Sintaxe Espacial, apresentando três níveis de integração distintos que possibilitam fazer a análise morfológica de áreas urbanas: nível global de integração, nível local de integração e integração x segregação.

O primeiro, *nível global de integração*, analisa todos os elementos da estrutura morfológica entre si. Neste nível, uma linha é considerada integrada quando encontra-se em uma profundidade menor em relação às demais linhas do sistema do que a média do próprio sistema. O segundo, *nível local de integração*, a linha é comparada apenas com as linhas mais próximas (a um, dois, três – mais comum, quatro, cinco, etc) passos de profundidade. A mesma avaliação de valor de integração a nível global aplica-se para este caso. O terceiro, *integração x segregação*, trata-se de espaços públicos ao redor da área que está sendo analisada. Neste nível, uma linha é tida como integrada quando possui uma relação de proximidade desta área maior do que a média do sistema.

O autor também estudou as possibilidades e limitações da Sintaxe Espacial para identificar os tipos de comportamento que a distância é capaz de descrever, como o movimento de pedestres (Teklenburg, 1992b) e os padrões de uso do espaço urbano por diferentes grupos sociais, como crianças (Teklenburg *et al*, 1993). Utiliza-se da Sintaxe Espacial para realizar predições do tipo de uso e dos padrões de movimento nas áreas urbanas, diferenciados em categorias: pedestres adultos e crianças, ciclistas e motoristas, por contagem de pessoas paradas e em movimento ao longo das linhas axiais.

O estudo demonstra que a sintaxe Espacial é capaz de predizer padrões de movimento e aproveitamento do espaço urbano de forma diferenciada entre os grupos sociais analisados. A teoria apresenta problemas em relação à delimitação de fronteiras. O autor acredita que os problemas referentes às fronteiras das áreas resultam de diferenças entre o nível global de integração e os padrões de movimento, já que estes dependem do raio de ação de pedestres, mais referido à escala local. Dado este conflito de escalas, o estudo conclui que a Sintaxe

Espacial é mais eficaz para predizer o tráfego veicular do que para predizer o movimento de pedestres, principalmente por utilizar -se de medidas topológicas em vez de geométricas. Para o autor (1992 a; p7), “(...) as distâncias são minimizadas quando se utilizam veículos. Logo, se quisermos inferir al guma *lógica social na distribuição morfológica urbana*, seria mais coerente *analisar a esfera local de atividades urbanas*”. Ainda segundo Teklenburg (1992b), a Sintaxe Espacial descreveria a morfologia urbana principalmente em termos de distâncias entre elementos. Nesta caso, o autor sugere que para a pesquisa de possíveis influências sociais, o melhor seria o *exame de tipos de comportamentos urbanos que são relacionados à distância, tais como Movimento e Aprendizagem espacial urbana*, dentre outros.

No primeiro caso, a relação que se cria é a de identificação de padrões de movimento com níveis globais de integração. Segundo o autor, esta não parece ser a melhor forma de se aferir conclusões sobre o comportamento sócio -espacial, uma vez que o movimento de agentes urbanos está limitado a um raio médio de atuação, sendo portanto necessário uma parametrização local.

No segundo caso, tem-se exatamente isto: a análise da influência dos espaços urbanos a nível local na construção de mapas cognitivos de moradores de uma determinada zona urbana: “Há alguma evidência que na escala de vizinhança, este tipo de conhecimento é apreendido através de atividades na própria vizinhança como caminhar ou vagar a esmo. Isto posto, nós sugerimos que a estrutura de mapas cognitivos de habitantes de uma vizinhança correspondem à distribuição de uso de espaço de público. Entretanto, esta estrutura tem que ser corrigida para o nível de integração local: as informações que as pessoas adquirem sobre o ambiente urbano são apresentadas a elas a este nível local” Teklenburg (1992b; p 7).

2.2.2 A LÓGICA DA REPRESENTAÇÃO

Conforme o que já fora mencionado, a base para o exame analítico do espaço via Sintaxe está condicionada à estratégia de discretização do espaço que esta

contém e representa graficamente. Baseia-se nas possibilidades de movimentação, em contraponto às suas restrições. Dividem a estrutura espacial urbana em unidades de *espaço público*, representados tradicionalmente por espaços convexos e/ou pelas linhas axiais.

Os espaços convexos são polígonos delimitados pelos espaços privados que abrangem a maior área possível de espaço público visualmente alcançável por qualquer ponto dentro deste polígono. O conjunto de espaços convexos de uma área é chamado de sistema convexo, e sua representação gráfica, de mapa convexo.

Linha axial, por sua vez, são os segmentos de retas que interceptam o maior número de espaços convexos, discretizando a malha urbana. A representação gráfica de seu conjunto é chamado de mapa axial.

Batty (2004a; (2004b), propõe adequações a estas representações tradicionais. Para Batty (2004a; p 05), “a abordagem tradicional representa abstratamente o espaço como um conjunto de eixos visuais conectados entre si através de nódulos. Seu foco está nas linhas, ao invés de pontos, em ruas, não em junções. Provê muita facilidade no processo analítico de tramas urbanas, mas é incapaz de relacionar mais de uma estrutura dentro do mesmo sistema urbano, principalmente se esta estrutura não for obtida pela extensão de linhas visuais” ; que é o caso das redes de transporte subterrâneo, transporte fluvial, e até mesmo dos corredores de ônibus.

Estes estudos buscam maneiras de se trabalhar com a sintaxe de forma convergente, unificando as distâncias topológicas – diferenças de profundidade entre linhas axiais relacionadas através de suas junções; e através das junções ao longo das ruas (Batty 2004a) – num primeiro momento, e euclidianas (Batty 2004b) – ou geométricas, medidas em metros, milhas, etc - num segundo momento. A principal importância do estudo reside no fato destes abrirem caminho através de questões em que abordagem tradicional sempre encontrou dificuldades explanativas, como por exemplo a própria análise em nível local. Os estudos se concentram na formulação matemática de um mecanismo puntual de

representação sintática, visando a extração de resultados mais adequados à micro-escala. Segundo Batty (2004a; p 07), “a forma urbana é geralmente representada como um padrão de elementos urbanos identificáveis como locais ou áreas cujas relações entre si são freqüentemente associadas com rotas de transporte linear como ruas dentro de cidades. Esses elementos podem ser pensados como formadores de nódulos em um grafo. As relações entre estes nódulos representam fluxos diretos ou associações entre os elementos (...) como fluxos de migrações entre regiões, mas em níveis mais locais, estas geralmente são tidas como características lineares de um trecho axial de uma rua (...). O foco de tal análise está na proximidade relativa ou acessibilidade entre localizações que envolvem cálculo de distâncias entre nódulos em tais grafos e associando estes grafos com densidades e intensidades de atividades que ocorrem em diferentes localizações e através das ligações entre estas”.

A nova abordagem produz dois grafos binários planares (que podem ser encarados de modo tanto euclidiano quanto topológico), as chamadas representações Primárias e Secundárias (Primal and Dual Representations – Batty 2004a; p11). “Ao tratar da localização de uma rua, a representação do tipo Primal usa os pontos de intersecções entre duas ou mais linhas axiais como os pontos a serem analisados e os trechos entre eles, ou seja, os próprios trechos de ruas, como conexões entre estes nós. A representação do tipo Dual, por sua vez, ocupa-se em identificar as próprias linhas axiais como sendo os pontos de análise e suas intersecções, como as ligações que configuram o sistema sintático”. A representação Primal, num primeiro momento, é idêntica à representação padrão de Sintaxe Espacial, composta por linhas axiais, alterando-se apenas o modo de representação, mais sintetizado no caso do autor. A contribuição que se tem é a possibilidade de fragmentar as linhas axiais em trechos e analisá-las localmente, entre seus pontos de intersecção.

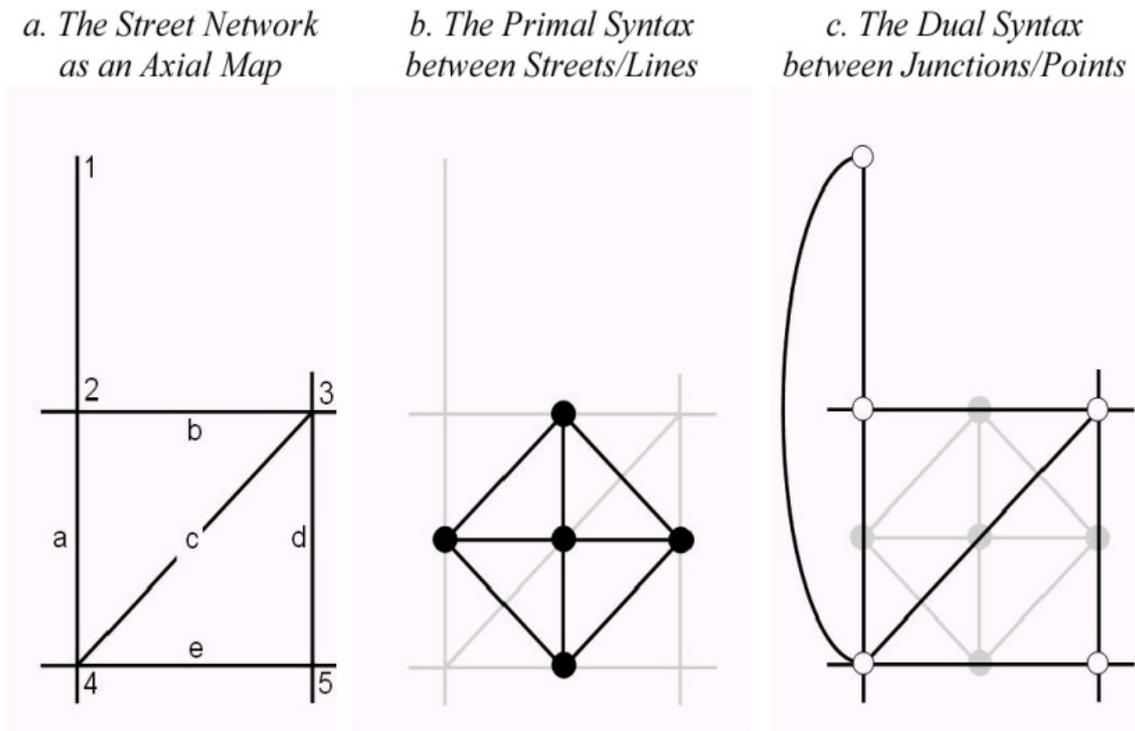


Fig. 04: (extraído de Batty -2004a: Representações do espaço em Sintaxe Espacial).

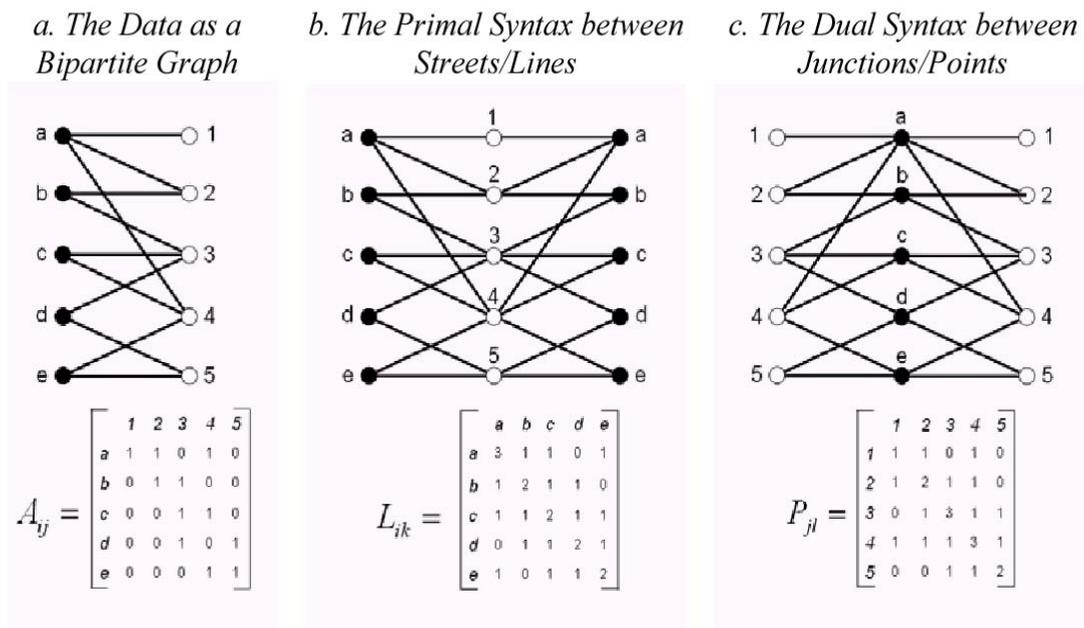


Fig. 05: A representação do tipo Dual acentua a localização dos pontos médios das linhas axiais. Por não haver uma ligação clara entre distâncias euclidianas e topológicas, esta representação acabou desfavorecendo sua capacidade de análise em detrimento da representação primária, mais literal, por se tratar de linhas visuais e o estudo de suas propriedades estar baseado em seus encontros ou junções.

Embasando estas novas sistemáticas de representação, há uma completa demonstração matemática. Este suporte possibilita uma melhor relação entre as duas formas de representação, de modo que ambas produzam resultados em que o próprio pesquisador possa vir a compará-los e escolher os mais apropriados a sua pesquisa. Para Batty (2004a; p 21), “A mensagem essencial é a de que as técnicas e práticas de Sintaxe Espacial, que nós consideramos um caso especial de acessibilidade dentro de grafos, são uma maneira de olhar o problema, de traçar relações entre a importância relativa de ruas que fazem o sistema urbano. A formulação convencional é o problema principal, mas como foi mostrado, existe um segundo problema que tem igual significado e consiste em medir a importância relativa de pontos, junções ou intersecções que definem a localização das ruas em questão. O modo Dual mapeia mais facilmente a acessibilidade de pontos do que a acessibilidade de ruas. O próprio pesquisador pode escolher que abordagem seguir”.

Porta *et al*(2004a 2004b) propõe uma análise comparativa de sistemas urbanos baseada em quatro tipos diferentes de medidas de Centralidade⁹, batizada de Quotização de Múltipla Centralidade – ou *Multiple Centrality Assessment* (MCA), captando diferentes naturezas da medida de Centralidad e padrão. Dentre estas medidas, a de *Closeness Centrality* aproxima-se bastante da definição clássica de Acessibilidade explorada no presente estudo. Para os autores, a medida está baseada na idéia de que um nó é central quando está perto de todos os outros nós que compõem os diversos caminhos mínimos do sistema (Porta *et al* 2004a; p 02 adaptado), ou seja, quando é mais acessível em relação aos demais nós de todos os caminhos mínimos de que faz parte. Muito embora o escopo do trabalho tenha sido a adaptação de ferramentas e dispositivos de análise topológica para medições não topológicas, mas geométricas, o mesmo provê uma comparação definitiva entre os dois tipos de representação acima citados, o modo Dual (intersecções como nós; linhas visuais

⁹ Medida de integração. Krafta (1994) diz que a centralidade na estrutura urbana pode ser definida como uma propriedade do espaço público, embora originada por meio de relações de tensão entre as unidades construídas. Portanto, os espaços mais centrais são os que se localizam nos caminhos mínimos mais utilizados para promover a ligação entre todos os pares de porções de formas construídas dentro de um determinado sistema urbano.

como ligações) e o modo Primal (linhas visuais como nós; intersecções como ligações). Os autores atestam larga vantagem da representação do tipo Dual em relação ao tipo Primal. Para Porta *et al* (2004b; p07), “tal representação (Du *a*) parece ser a mais intuitiva para redes caracterizada por uma forte conexão com as dimensões geográficas, significando redes onde a distância pode ser medida não apenas em termos topológicos (passos) como em sistemas sociais - mas também em termos espaciais (metros, milhas). Engenheiros de tráfego assim como geógrafos econômicos (...), têm na maioria das vezes seguido a representação Dual. Ela é também o padrão mundial para a construção e difusão de base de dados geo-espaciais, ao ponto de se constatar que uma imensa quantidade de informação já fora catalogada dentro do esquema ‘ruas como ligações entre nós’”. Já a representação Primal, segundo os autores, representaria o oposto à essa lógica analítica, pois nesta modalidade, para Porta *et al* (2004b; p08), “linhas axiais que representam ruas generalizadas (mais exatamente: linhas visuais, ou linhas de movimento desobstruído) tornam -se nós; e as intersecções entre cada par de linhas axiais, em ligações”. Apesar do modo Primal ser tão topológico e passível de extração de dados confiáveis, a grande deficiência deste em relação à modalidade Dual é a perda de correlação com a estrutura real verificada na construção do grafo e representação Primal e a conseqüente desmaterialização radical da malha urbana. Para Porta *et al* (2004b; p08), “o que se perde é algo muito relevante (...) para qualquer experiência sensorial do espaço: distância. Desconsiderando suas medidas reais, uma rua passa a ser representada no gráfico dual como um ponto. Mais do que isso, enquanto que um modelo generalizado roda e a ‘identidade’ de uma rua é estendida sobre conceitualmente inúmeras intersecções reais, no grafo Primal é possível encontrar um nó (rua) com conceitualmente inúmeras ligações (intersecções), ligações estas que dependem muito do verdadeiro comprimento das ruas em si. (...). Outra conseqüência da redução de ruas em pontos é que isso torna impossível contar com as variações que tão freqüentemente caracterizam uma única rua, variações estas que podem facilmente se tornar muito significantes para ruas longas, que costumam amplas - e possivelmente muito diferentes em termos estruturais – áreas urbanas”.

Basicamente, a representação Dual destaca -se em sistemas urbanos, não exatamente pela lógica e simplicidade de sua construção, mas necessariamente pela clara associação com a estrutura existente. Em sistemas baseados unicamente nas ligações topológicas entre seus elementos, continuará valendo a recomendação de Einstein de se simplificar ao máximo a problemática estudada (e não simplifica-la mais do que isso). O grande poder da representação Primal é justamente o de potencializar drasticamente esta simplificação. Em sistemas espaciais, no entanto, o embasamento histórico e geográfico dispensaria esta redução extrema. O que precisamos é estimular a capacidade de se aferir visualmente os resultados e conclusões na própria base real, sem grandes desdobramentos.

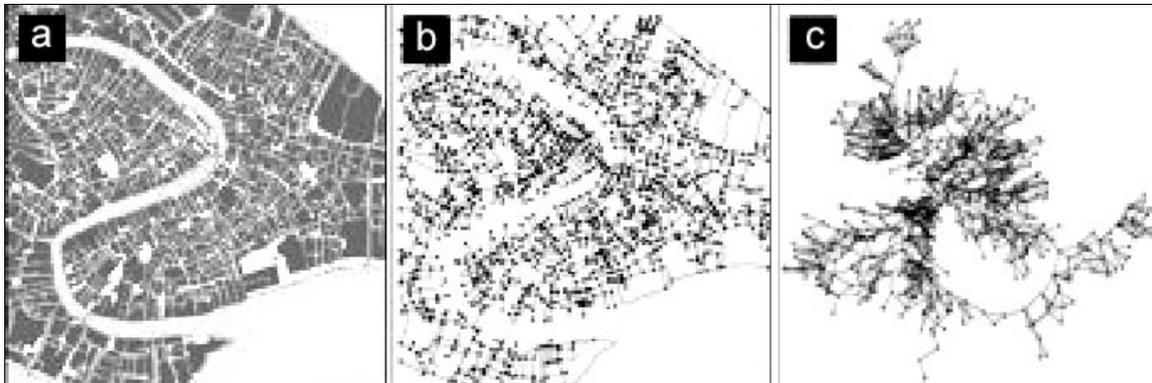


Fig. 06: Veneza (a) representada sintaticamente de acordo com as modalidades não -tradicionais: Representações Dual (b) e Primal (c). Percebe -se claramente a deformação espacial provocada pelo processo de análise de linha pelo centróide dos trechos, ligados entre si por suas intersecções, característica do modo Dual, em relação à representação mais direta verificada no modo Primal (intersecções de linhas como nós e seus trechos como conexões).

2.3 SISTEMAS CONECTADOS

2.3.1 REDES:

Redes têm sido estudadas desde o século XVIII, inicialmente pelo matemático Leonhard Euler, e desde então tornou -se um dos mais prolíficos campos de pesquisa, tanto em ciências exatas, quanto em humanas e sociais, cada uma com suas próprias adequações metodológicas, além da própria

matemática. As abordagens clássicas descreviam redes como sendo simples construções gráficas, com estados inertes, bem conhecidos em ambas as dimensões espacial/temporal; e as alterações em sua estrutura eram associadas à presença de regras gerais de ordenamento. Para Batty (2003; p5), “a ciência clássica propôs um modelo de mundo essencialmente reducionista em forma, onde foi assumido que sistemas podem ser entendidos segundo uma abordagem impositiva, de cima para baixo (*top-down*), ou seja, pela desagregação gradual de suas partes, podendo chegar até mesmo às menores, na esperança de que o que já tivesse sido explicado em instâncias superiores teria sempre consistência com as novas explicações em níveis inferiores de organização”.

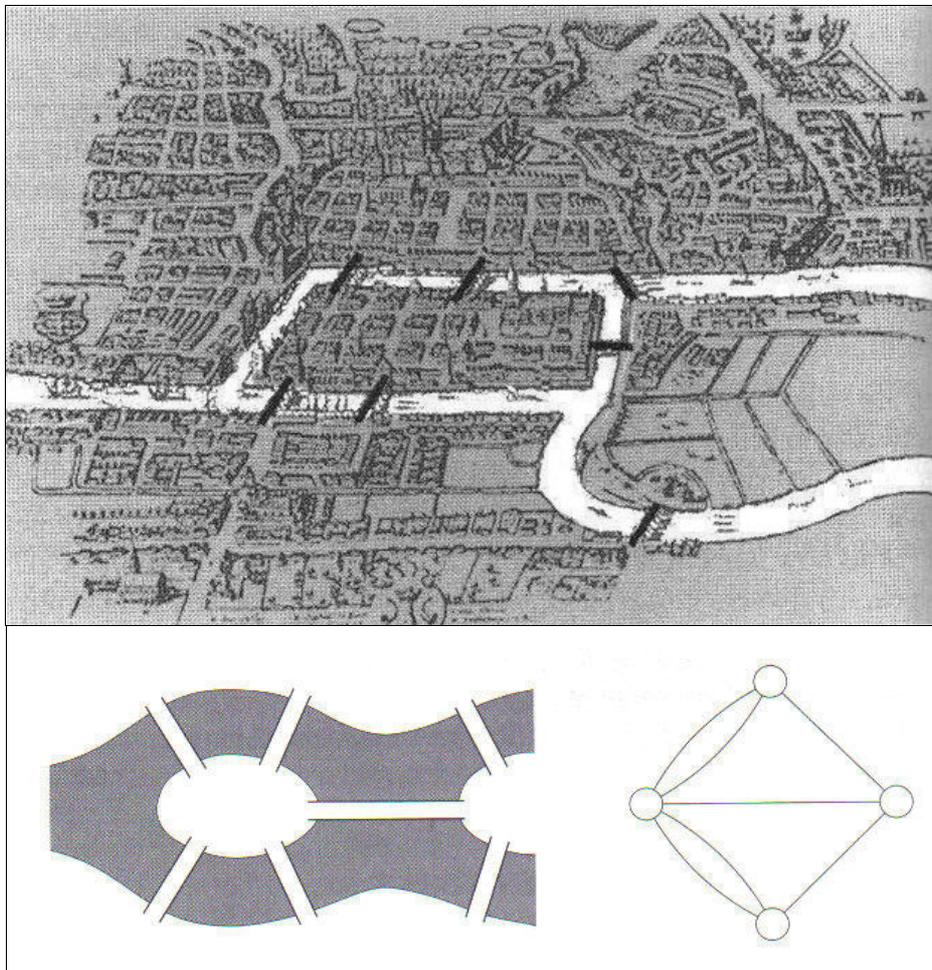


Fig. 07: no alto, imagem mostrando as pontes da cidade alemã de Königsberg, O estudo de conectividade delas é considerado o estudo pioneiro da teoria de redes. Acima, sua interpretação enquanto grafo (extraída de Watts; Barabasi; Newmann, 2005; p 112).

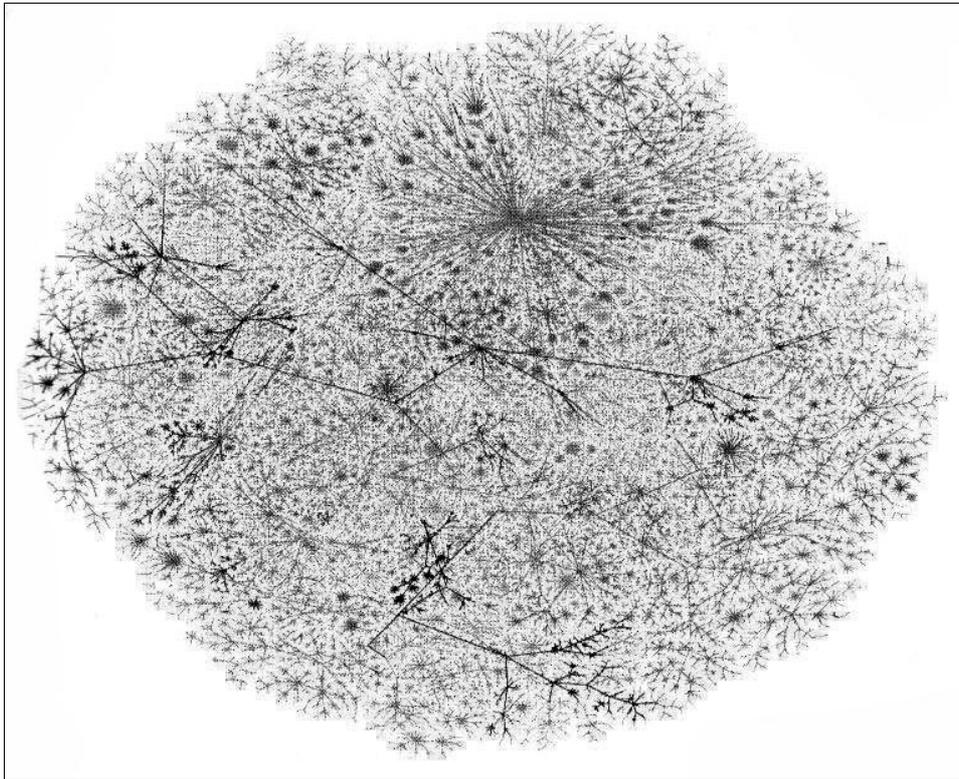


Fig. 08: métodos analíticos em rede auxiliam na compreensão de comportamentos de sistemas complexos integrados, onde todos os componentes estão interconectados e representam vértices ativos de uma macro-estrutura, como a World Wide Web, mapeada experimentalmente acima ((extraída de Watts; Barabasi; Newmann, 2005; p 112).

Novas experiências em muitos campos sugerem que propriedades e instâncias organizativas de tais sistemas parecem não poder ser explicados de formas tão lineares e reducionistas. Ao contrário, grandes sistemas interconectados tenderiam a produzir padrões de ordenamento a partir das relações entre suas inúmeras partes. *Ordem*, para Batty (2003; p6), “é na verdade o equilíbrio que nós vemos ao nosso redor apesar de requerer muita energia para sustenta-lo. Logo, esta *ordem* dificilmente é um equilíbrio baseado em mínimos esforços. É de fato uma ordem que está *longe-do-equilíbrio*, em termos tradicionais da física clássica, e é is so que faz o foco nos processos que atingem, mantém e desenvolvem estas estruturas tão essenciais a essa nova ciência”.

Ao longo dos últimos cinquenta anos, o estudo configuracional urbano vem estudando e desenvolvendo uma série de modelos de crescimento descentralizado e localizado. Modelos baseados em autômatos celulares e difusão

local, por exemplo, refletem a preocupação em se investigar a geração de padronizações urbanas desde as esferas locais. As representações em rede nestas simulações, apesar de implícitas, indicam como os verdadeiros modelos baseados em rede delineiam tal complexidade.

“Conceituações contemporâneas afirmam que redes reais representam populações de componentes individuais que estão de fato *fazendo alguma coisa* - gerando energia, enviando dados, ou até tomando decisões. A estrutura de relações entre os componentes de uma rede é importante primeiro porque afeta tanto o componente individual quanto o sistema como um todo. Segundo, porque redes são objetos dinâmicos não apenas porque a contecem em sistemas interligados, mas porque as próprias redes se desenvolvem e mudam no tempo, dirigidas pelas atividades ou decisões de seus próprios componentes” (adaptado de Watts – 2004; p 18), o que permite seu enquadramento dentro da esfera de teorização dos sistemas complexos ¹⁰.

Uma diferença marcante acerca destes sistemas em relação aos sistemas convencionais é a de que sistemas complexos - e redes por extensão, assumem uma dimensão temporal, necessária para se acompanhar as transformações observadas no plano espacial. Para Batty (2003; p 3), “há uma forte temática espacial em toda essa questão envolvendo a força de unificação de escalas. Muitos sistemas em rede organizam -se em escalas de tempo, tanto quanto em escalas espaciais, e essa uniformidad e pode ser explorada na construção de uma ciência espacial de sistemas em rede”. A dimensão temporal também é responsável pela observância das principais características de sistemas aleatoriamente conectados, a saber - Faria (2002; p 17-18):

- Não-equilíbrio: o sistema sofre constantes mudanças, alterando comportamentos estáticos e dinâmicos;

¹⁰ Para Faria (2002; p 17), “a teoria da complexidade e a definição de sistemas complexos ainda são questões não plenamente consolidadas. Existe consenso, no entanto, de que lida com aqueles sistemas fora do escopo reducionista ou de técnicas estatísticas, assumindo uma abordagem conectiva, onde as interconexões são mais importantes que as composição das partes(...) enfoca relações entre objetos e os efeitos funcionais que produzem”.

- Não-uniformidade: o sistema apresenta estruturas no espaço e/ou tempo;
- Não-linearidade: os efeitos não são proporcionais às causas;
- Evolutividade: o sistema se desenvolve continuamente, espacial e/ou temporalmente;
- Causalidade: opera em mecanismos de retro -alimentação, de modo que os efeitos são transformados em causas;
- Imprevisibilidade: não é possível antever os resultados das interações entre as partes.
- Auto-organizáveis: a ordem interna não é imposta por forças externas, possuindo assim propriedades emergentes.

A essência do fenômeno emergente é que este necessita de novas categorias descritivas, pois os seus aspectos ou características não podem ser descritos dentro do vocabulário aplicado às partes. São necessários novos termos, novas concepções para categorizar as propriedades de mais alta ordem, as quais podem eventualmente se auto-organizar e culminar em novos patamares emergentes, obrigando o uso de diversos níveis de análise e critérios de categorização. Para Luccas *et al* (1997; p 50), “apesar destas diferentes categorizações, as propriedades encontradas nos diferentes níveis são consideradas equivalentes, cada qual sendo devido ao mesmo tipo de conectividade aplicada dentro do mesmo arcabouço específico de tempo e espaço, referente àquele tipo de estrutura. A emergência se dá, portanto, em diferentes patamares de resultados que guardam entre si propriedades de auto -similaridades”. Neste sentido, sistemas em rede s poderiam ser encaradas como estruturas fractais¹¹. Atribui-se assim à classificação das estruturas emergentes,

¹¹ Os modelos baseados em geometria fractal foram introduzidos pelo matemático Benoit Mandelbrot, em 1967 e seu principal objetivo é ajudar a entender e visualizar o significado de diferenças exponenciais verificadas em medições de objetos, à medida em que se altera a escala de mensuração. Para o matemático, as dimensões fractais estariam, num primeiro momento, em algum lugar entre as dimensões clássicas de reta (1,00) e plano (2,00), assumindo valores fracionários, como 1,5, 1,7, etc. Mandelbrot considera ainda que os objetos dentro desta faixa

ou *hierarquização*, uma performance essencial no entendimento da dinâmica de redes. Para Batty (2004c; p 4), “hierarquia é um ordenamento natural inicialmente baseado em tamanhos, mas que pode ser medida de várias formas diferentes”.

Dado o fato de que tais padrões emergentes (ou *bottom-up*) são observados através dos membros que compõem a rede e da natureza e disposição de suas conexões, de modo que medidas geométricas de distância não parecem ser as mais adequadas para explicar os resultados obtidos. Em seu lugar, medidas topológicas seriam as mais indicadas, por produzir resultados que exprimem a natureza lógica das conexões intra-rede. Tal preferência é evidenciada pela inúmera quantidade de estudos produzidos sobre esse tema (Batty-2004b, Hillier *et al* 1993, Krafta 1994, etc). Para Batty (2003; p 4), “distância [geométrica] não é uma propriedade de tais sistemas de nenhuma forma explícita, por causa da topologia e porosidade das redes, que são suas principais propriedades. Desenha-se assim um quadro onde os principais atributos estão concentrados nos nós e sua hierarquização se dá pelo seu eventual carregamento e pela sua posição relativa e grau de conectividade. Os exemplos mais radicais de tal panorama podem ser chamados de *grafos aleatórios*, que, como o próprio nome sugere, são redes cujos nós são conectados sem obedecer, *a priori*, nenhuma regra”. Para Watts (2003; p 58), “Aleatoriedade é uma propriedade poderosa e elegante, freqüentemente adequada para tratar das questões complicadas e imprevisíveis que acontecem na vida real”.

No entanto, Grafos – ou redes, aleatórios exibem propriedades importantes a partir de sua dinâmica, isto é, a partir da interação de suas partes – ou nós – componentes. A maioria encontra-se supracitada. Uma delas, no entanto, permanece em aberto, e é chamada de *transição de fase*, uma rápida mudança na ordenação interna das partes que leva à emergência instantânea de novos padrões de organização. O momento em que isso acontece é denominado *Ponto crítico*. Para Watts (2003; p 46), “o fenômeno da transição de fases é conduzido

dimensional possuiriam estruturas que, replicadas e observadas em diferentes hierarquias ou escalas, guardariam semelhanças geométricas, propriedade chamada de auto-similaridade, dentre outras características auto-organizáveis. (adaptado de Batty e Longley – 1993)

pela adição de um pequeno número de ligações bem perto do ponto crítico, quando observamos o efeito da conexão de vários pequenos blocos em um único componente gigante, envolvendo todo o sistema. Pesquisas realizadas no campo da física indicam que a natureza de tal fenômeno é a mesma para todos os sistemas em que se observa transições de fase. Assim, exemplificando, os princípios que levam da magnetização à desmagnetização de um metal pelo aumento da temperatura são os mesmos detectados no endurecimento da clara do ovo, quando de sua fervura, nos levando a crer que tais propriedades são universais e podem ser entendidas sem o conhecimento detalhado das estruturas ou regras que governam estes processos. O matemático russo Anatol Rapaport, durante os anos cinquenta, imaginou que os processos de transição de fase poderiam ser explicados pelo princípio da *random-biased net*, ou rede aleatoriamente polarizada, onde a relação entre dois pólos ou nós de uma rede que possuem um nó conectado a estes em comum acabam se aproximando topologicamente e se conectando um ao outro. Pelas observações físicas, presume-se que tais conexões aconteceriam todas em um mesmo momento, a partir da obtenção de uma certa entropia pelo sistema”. Estes pressupostos seriam a chave para o entendimento de sistemas complexos, cujos componentes e conexões são difíceis de serem mapeadas e analisadas isoladamente.

Como todos os sistemas considerados complexos, as dinâmicas de redes aleatórias não são desencadeadas deliberadamente por um centro nervoso interno ao sistema, mas por pequenas insurgências que são verificadas ao longo do processo e que acabam aprisionando e conduzindo a dinâmica de todo o sistema, até o momento em que uma nova insurgência, mais poderosa que a anterior, venha a capitaneá-lo. Se tais procedimentos fossem repetidos novamente, usando-se o mesmo sistema previamente testado e os mesmos estímulos, assim mesmo não seria possível prever o mesmo comportamento verificado no experimento anterior, por um único motivo: redes aleatórias são sistemas desprovidos de quaisquer forças centralizadoras. Estas vêm a surgir de forma não menos aleatória durante o processo, liberadas de várias pequenas partes do sistema, dificilmente previstas. Podemos chamar tais forças de *power*

laws (leis de potência). Para Torrens (2000; p 29), “ *Rank-size rules* ou *power laws* (como elas são consideradas dentro de sistemas complexos e de modelos autômatos celulares) ligam princípios de distribuição de um fenômeno ao seu tamanho unitário, produzindo consistentes e lineares relações entre escalas”.

2.3.2 REDES SOCIAIS:

Para Batty (2003; p6), “têm se tornado cada vez mais aparente que sociedades organizam-se de micro para macro escala e o controle impositivo nunca poderá efetivamente gerenciar os problemas que estes sistemas manifestam. (...). Os sistemas funcionam a partir de suas menores partes, onde decisões locais, freqüentemente motivadas por benefícios puramente locais, fazem surgir um ordenamento global”.

As relações sociais, apesar de não poderem ser classificadas como grafos aleatórios - já que as conexões sociais são obtidas por afinidades, cooperativismo, parentesco dentre outros que, sabidamente não determinam escolhas randômicas – descrevem comportamentos semelhantes aos anteriormente citados. Tem-se uma estrutura de rede formada pelo conjunto de ligações entre os membros de um determinado grupo de pessoas e uma estrutura social, composta pelos diferentes grupos criados pelos indivíduos. O objetivo da teoria de redes, neste caso, é medir os afastamentos sociais entre todos os indivíduos do sistema, através de suas conexões particulares. “Redes, de acordo com essa visão, são a assinatura da identidade social – o padrão de relações entre indivíduos é o mapeamento das características e preferências intrínsecas dos próprios indivíduos” (adaptado de Watts, 2003). A aleatoriedade do processo se daria no somatório de ações realizadas entre elas, por mais previsível que possam parecer. O próprio autor complementa que, “apesar de dois séculos de esforços concentrados, as regras que governam os agentes sociais e o comportamento econômico permanecem sem resolução” (Watts, 2003; p 66).

Um profundo entendimento da análise de redes sociais pode ser a chave para o entendimento e proposição de uma série de questões essencialmente à margem da compreensão das teorias de aleatoriedade. Mas para Watts (2003; 50), “a análise de redes sociais ainda possui um enorme problema: não incorpora a dinâmica. Apesar de pensar em redes como entidades que se desenvolvem sob influência de forças sociais, os analistas sociais têm tendido a tratá-las efetivamente como incorporações inertes de tais forças. Ao invés de tê-las como meros condutos, por onde valores de influência se propagam conforme suas próprias regras, são pensadas como uma direta representação da influência”.

Pela própria conceituação de redes aleatórias, a dinâmica do sistema é a responsável pelo surgimento dos padrões de organização observados e a conseqüente auto-organização, além de detectar os verdadeiros desencadeadores dos eventos que regem sua evolução e se divide em duas partes (adaptado de Watts 2003 p 54-55): a primeira é a *Dinâmica da rede*¹²: refere-se ao desenvolvimento da estrutura da rede, a parte física do sistema, a construção e ruptura de conexões. Estruturas estáticas de análises tradicionais da rede podem ser pensadas como flashes do processo de evolução da estrutura. Uma visão dinâmica de redes, no entanto, reivindica que estruturas existentes podem apenas ser propriamente entendidas em termos da natureza dos processos que levam a isso. A segunda é a *Dinâmica na rede*¹³: é pensada como um substrato fixo ligando uma população de indivíduos, bem como acontece em aproximações tradicionais de redes. O diferencial é que neste caso, os indivíduos possuem um comportamento ativo, gerando e repassando montantes de matéria e/ou energias para os outros, conforme seus laços com os demais indivíduos e as normas que regulamentam tais transações.

Em outras palavras, as escolhas e decisões individuais levam em consideração suas preferências e características inatas, portanto não poderiam

¹² Representa o conjunto de fenômenos e de suas variações, matematicamente tematizadas, que sistemas de rede podem vir a manifestar quando de seu processo temporal, dentre eles, transição de fases, o surgimento de power laws, etc, (Watts, 2003; cap. 3, 4, 5)

¹³ Fenômenos que podem ser simulados e entendidos com o auxílio da dinâmica das redes, tais como efeitos-cascata, propagações, limiares, etc (Watts, 2003; cap 6 a 9).

ser classificadas, num primeiro momento, como aleatórias. Do ponto de vista sociológico, entretanto, decisões não baseadas na própria coletividade são tidas como randômicas e apenas por isso poderíamos classificar sistemas sociais como sendo randômicos e trabalhar com eles conforme tal aproximação.

Para Batty (2003; p7), “estas espécies de processos mudam a representação muito radicalmente, uma vez que as relações formais entre seus objetos são envolvidas. Na verdade, representações apropriadas deste tipo de complexidade são através da noção de relações incorporadas em redes, com suas interações formadas por processos que operam nestas redes”.

Supomos então que os nós componentes de redes sociais, isto é, os próprios agentes sociais, conectados uns aos outros, serão avaliados pela sua importância relativa enquanto entes que polarizam os maiores valores de ‘influência’, por assim dizer, tendendo a transparecer que distâncias baseadas em geometria Euclidiana não parecem ser as melhores escalas a ser adotadas.

Para Batty (2003; p7), “o foco principal nas ciências de rede é não mais do que a procura por padrões dentro de estruturas. (...). Uma medida essencial de como tais sistemas se desenvolvem é através da forma com que vários elementos se interconectam”.

Assim, o interesse principal neste tipo de modelos é poder se trabalhar com instrumentos que simulem as mudanças na auto-ordenação do sistema a partir da dinâmica de mudanças verificadas tanto nas conexões entre os inúmeros componentes do sistema quanto nas mudanças da própria estrutura da rede em si. A cidade poderia ser explicada através da ‘metáfora’ dos modelos de rede, mas é difícil de identificar os tipos de conexões que seriam necessários para mostrar como as cidades crescem e evoluem desta forma. Para Batty (2003; p16), “para mostrar como as cidades crescem como redes, nós provavelmente precisamos olhar para o fluxo de informações que não são físicas, no senso tradicional. (...). Este é o calcanhar de Aquiles da ciência de redes, na qual não temos muita idéia sobre como sistemas reais em rede crescem, apesar de nós estarmos prontos para especular sobre suas formas em equilíbrio”. A ciência de redes, segundo os

próprios pesquisadores, apenas se lança rumo a respostas às suas perguntas. Muito ainda está por se fazer e por se pesquisar, especialmente no campo da dinâmica de redes. Já é possível, no entanto, identificar alguns caminhos bastante promissores, com o potencial de elevar o estudo de sistemas conectados ao patamar de teoria formal e delimitada.

2.3.3 SMALL WORLDS: UMA NOVA CIÊNCIA DE RED ES

O termo Small Worlds (mundos pequenos) foi usado pela primeira vez por Milgram (1967), em um popular artigo de *Psychology Today* em que ele reporta os resultados de um experimento de envio de cartas para um destinatário desconhecido desde diferentes localizações geográficas, em termos de números de intermediários necessários para repassá-las desde seu remetente até o ponto final. Milgram classificou que o número de indivíduos intermediários envolvidos na tarefa eram em média de 6 – cinco intermediários, mais o alvo. Disso, ele especulou que o número médio de ligações em redes sociais para se atingir qualquer indivíduo pertencente a ela era dessa ordem. Para possibilitar tais conclusões, ele instruiu remetentes escolhidos aleatoriamente nos estados americanos do Kansas e de Nebraska a tentar atingir dois destinatários propositalmente escolhidos em Boston, através do repasse da carta para alguém que, para ele, remetente, disporia de maior proximidade de relacionamento com este desconhecido, com a instrução de que esta pessoa, caso não fosse o destinatário final, devesse redirecionar a carta para alguém que fosse, em seu entender, mais próximo ainda deste, até, por fim, a carta chegar a estes dois destinatários - o próprio Milgram era um deles. O fato de se ter necessitado de apenas seis 'passos' foi uma evidência de que o mundo era bem 'menor' do que ele havia imaginado, apesar de se ter subseqüentemente notado que uma pessoa distante seis contatos de outra pode estar separada por uma vida inteira, ou por um continente inteiro. (adaptado de Watts 2003). Por trinta anos, essa idéia permaneceu como uma curiosidade, fácil de entender mas difícil de teorizar. Tal questão voltou à tona recentemente, através de novos estudos e

interpretações, advindos não das ciências sociais, mas através da física estatística e das teorias de Complexidade, as quais procuram argumentar que “ a maioria das redes na natureza , assim como as sociedades, são *mundos pequenos*, ou Small Worlds – redes que apresentam forte conectividade e agrupamento em nível local, mas com significantes ligações também em nível global” (Watts, 1999, *in Batty-2001; p 01*). Para Batty (2003; p17), “o que é tão surpreendente sobre esses tipos de redes é que em níveis mais locais, nós sabemos que os contatos devem ser baseados em comunidades de relacionamento muito mais densas mas, em um nível mais abrangente, ainda é possível contactar qualquer pessoa a partir de qualquer lugar em uma média de seis passos. Logo, há um nível mais elevado de agrupamentos locais, significando pequenas distâncias locais mas também pequenas distâncias entre redes globais”, isto é, *em ambas as escalas, micro e macro*.

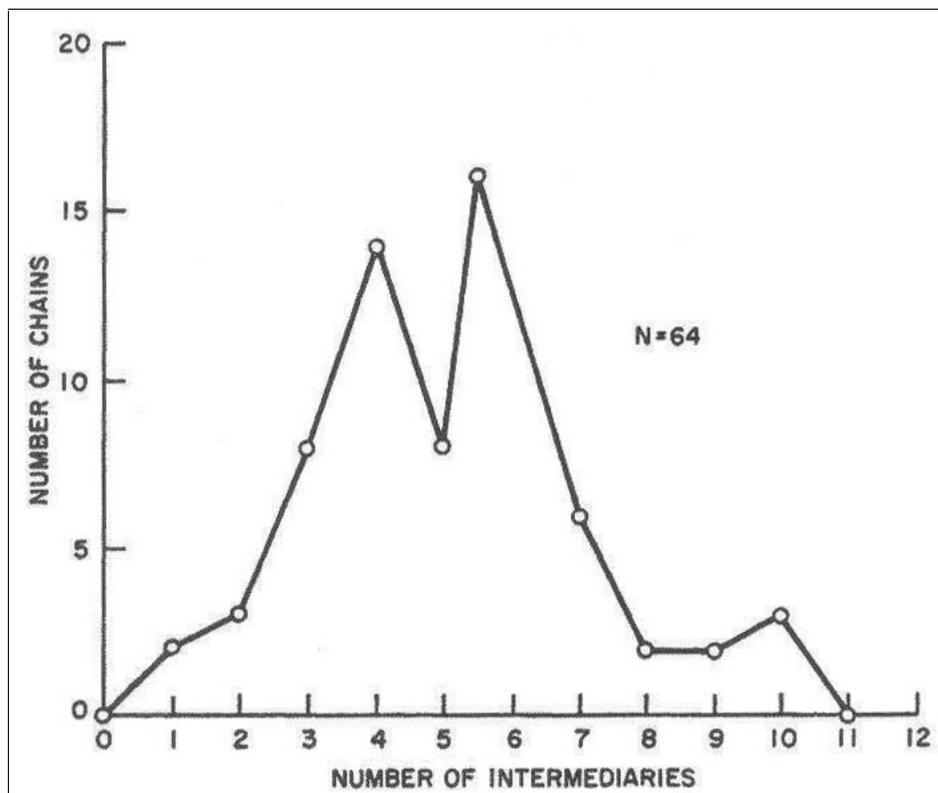


Fig. 09: resumo da experiência sociométrica de Millgram, atestando uma média de intermediários de quatro a seis indivíduos. O gráfico mostra também uma propriedade-chave no estudo de redes, a obtenção do ponto crítico, representado pela quebra na ascendência progressiva de número de cartas/média de intermediários. A experiência é considerada pioneira no estudo dos Small Worlds (extraída de Watts; Barabasi; Newmann, 2005; p 112).

Os modelos do tipo Small Worlds têm um desenvolvimento científico muito recente, o que faz com que suas referências bibliográficas sejam ainda pouco diversificadas ou acessíveis, mas baseado em alguns estudos já consagrados dentro do tema, procuraremos expor seu conteúdo.

Watts e Strogatz (1998) foram os primeiros a formalizar uma teoria que compreendesse tais problemas como um processo evolutivo, que articulado com uma lógica que vai da dimensão local (numa medida quase que Euclidiana) até uma dimensão global (medida topologicamente, baseada em médias de profundidade relativa) e, eventualmente, voltar a uma outra dimensão local, em tempo e espaço. Eles partem das relações de amizade entre as pessoas para formular sua teoria. Para os autores, a dinâmica evolução de relações em uma rede social é dirigida por um balanço de forças conflitantes. Por um lado, os indivíduos operam dentro do que poderíamos chamar de decisões aleatórias para lançarem-se em novas esferas sociais. E por outro lado, eles são estimulados ou não por seus atuais círculos a reforçar a estrutura destes. Para Watts (2003; p 73), “a pergunta-chave é: O quão importante é uma pessoa em relação à outra? (...) O que podemos aprender olhando para *todos os possíveis* mundos? Em outras palavras, é pensar na importância relativa de ordem e aleatoriedade como parâmetros que nós podemos sintonizar para mover -se dentro de um espectro de possibilidades”.

Dadas tais premissas, o que temos são dois extremos: mundos altamente desconectados, baseados em mínimas ligações entre esferas sociais, os chamados ‘Cave Man Worlds’¹⁴, onde os laços de amizade se dão única e exclusivamente dentro de pequenos grupos sociais, e a integração entre diversos grupos é esparsa e rara. Em sistemas assim, os indivíduos possuem enormes distâncias topológicas entre os grupos, desencorajando qualquer tentativa de relacionamento fora de seus *grupos* originais. Já o outro extremo, denominado

¹⁴ A escolha do nome foi baseada no livro “*Caves of Steel*” (Caça aos Robôs, em português) de Isaac Asimov, o qual concebe um mundo construído sob a superfície, em cavernas ocupadas por grupos cujos indivíduos possuem fortes laços de relacionamento interno; e o inter-relacionamento entre estes é esparsa, raro e não estimulado.

pelos autores de ‘*Solarian Worlds*’¹⁵ é onde os círculos sociais são abertos e acessíveis, e todos os indivíduos estão conectados e tem a possibilidade de se relacionarem sem intermediários. As distâncias topológicas entre os membros destes mundos são mínimas e o relacionamento entre eles, basta nte estimulado Watts (2003; adaptado).

O que varia nestes dois casos é basicamente o parâmetro das regras de interações. Para Watts (2003; p 75), “a tendência de duas pessoas de desenvolverem laços de amizade entre si é determinada pelo número de amigos que atualmente elas têm em comum, mas o modo preciso em que isso é determinado varia dramaticamente de uma regra para outra”.

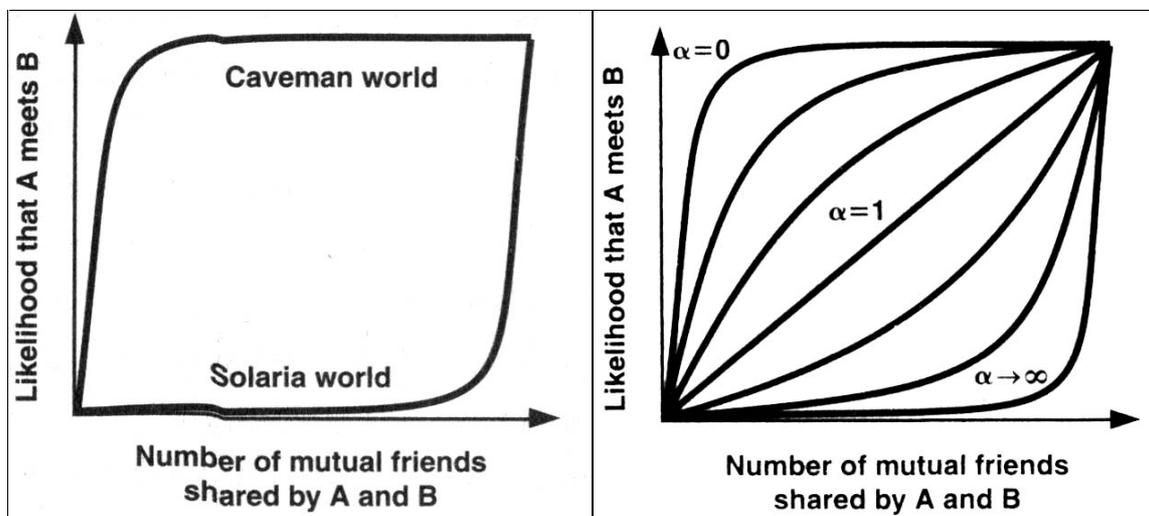


Fig. 10: à esquerda: gráfico CavemanWorld x Solaria World, mostrando o paradoxo de dois tipos de redes: a primeira, entre indiví duos dispostos em cluster bastante segregados entre si, enquanto que na segunda, as relações são potencialmente aleatórias, ou seja, todos os indivíduos estão conectados entre si. À direita: entre os dois mundos, existiriam todas as demais redes, inclusive as que apresentariam características do tipo Small World. O parâmetro α é o índice de aleatoriedade, mínimo para o modelo Caveman, máximo para o modelo Solaria (Watts, 2003; cap03 adaptado)

¹⁵ A escolha do nome foi baseada no livro “ *The Naked Sun*” (Os Robôs, em português), de Isaac Asimov, o qual concebe um planeta esparsamente colonizado, onde seus habitant es vivem fisicamente separados uns dos outros e a comunicação entre eles é feita virtualmente, baseado em sistemas semelhantes aos de uma tele -conferência, entre quaisquer indivíduos.

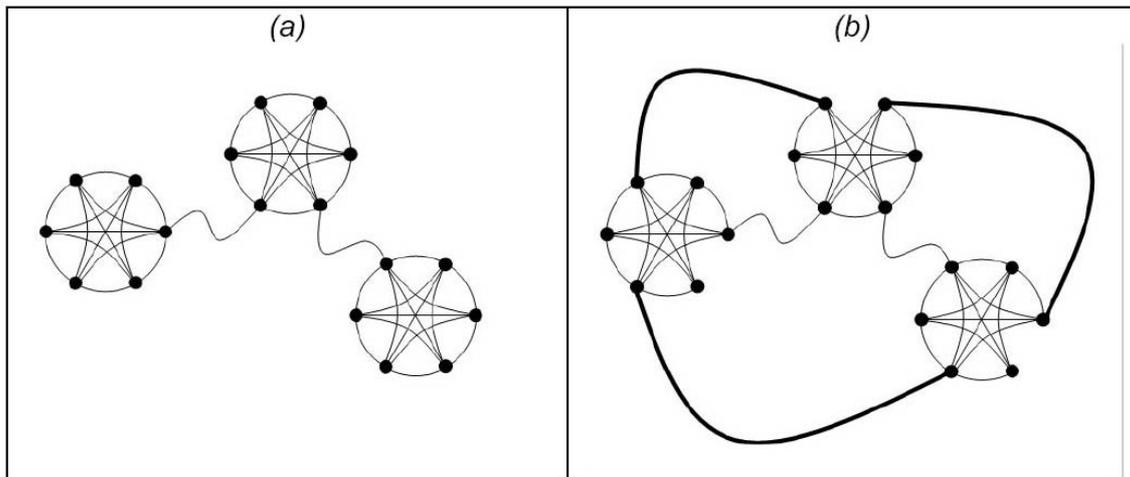


Fig. 11: criação de um Small World a partir de um modelo tradicional Caveman (a): a introdução de poucas conexões diminuiria sensivelmente a distância média entre os indivíduos do sistema (b) (Batty 2003; p 21).

O modelo proposto pelos autores procura simular a transição do ordenamento paradoxal encontrado nos dois mundos citados acima: “Por um lado, a rede deve mostrar um grande *coeficiente de agrupamento*, significando que em média, os amigos de uma pessoa possuem muito mais probabilidades de conhecerem um ao outro do que duas pessoas escolhidas a esmo. Por outro lado, deve ser possível conectar duas pessoas escolhidas aleatoriamente através de uma corrente de poucos intermediários” (Watts 2003; p77).

Assim exposto, partindo de uma situação extremamente segregada (os Caveman Worlds), o que temos são raras ligações entre indivíduos de diferentes grupos sociais. À medida que novas ligações vão sendo feitas entre os indivíduos, as distâncias entre eles tendem a diminuir. O que temos na verdade é o estabelecimento de um parâmetro de combinação α , que varia do mais completo ordenamento ($\alpha=0$) à mais explícita aleatoriedade ($\alpha \rightarrow \infty$). Aumentando tal parâmetro, temos o surgimento gradual de pequenos e localizados agrupamentos, cujas ligações, muito ordenadas, acontecem geralmente dentro dos próprios grupos, colaborando cada vez mais com a segregação social. Com o passar do tempo, tal panorama leva a uma concentração de grandes grupos, muito bem definidos, muito segregados, mas muito próximos uns dos outros, até o momento

em que, se continuarmos a aumentar o valor do parâmetro α , pouquíssimas ligações seriam suficientes para unificar estes grupos e reduzir consideravelmente as distâncias individuais, até o momento em que todas as relações entre os componentes do sistemas sejam baseadas apenas em decisões aleatórias e levando o sistema a apresentar distâncias mínimas entre todos os seus membros.

Dentro destas possibilidades, devemos encontrar os modelos de rede do tipo Small Worlds. Eles devem compreender uma situação intermediária entre as duas situações paradoxais de relações sociais. Devem ser mais aleatórios do que os modelos do tipo *Cave Man Worlds* e mais ordenados do que os *Solarian Worlds*, isto é, devem representar um afastamento médio entre os indivíduos, o suficiente para unir todas as partes a partir de poucos intermediários.

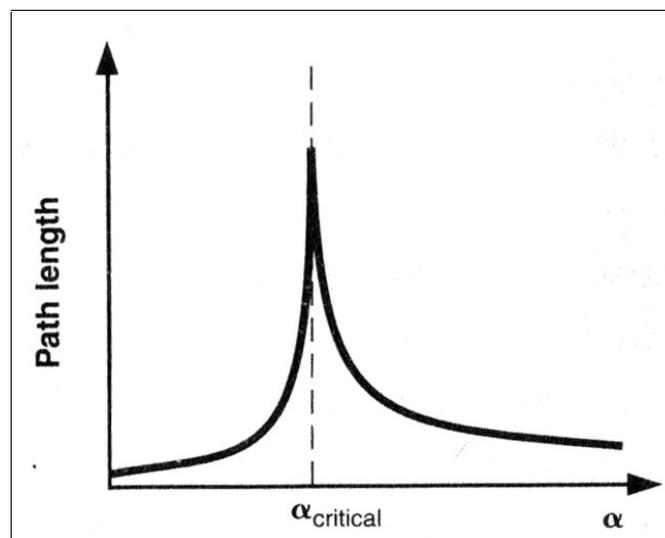


Fig. 12: O Modelo Alfa: Distâncias de conexões em função do parâmetro alfa: ao atingir um valor crítico de alfa, muitos pequenos grupos se unem e conectam toda a rede, cujas distâncias, então, encolhem rapidamente (Watts, 2003; p79 – adaptado).

Tal zoneamento é definido com a comparação entre o modelo *alfa* e a curva descrita pelo *coeficiente de agrupamento*. A área obtida representa a ‘faixa de sintonia’ onde encontramos sistemas em rede com características do tipo Small Worlds. O que o modelo mostra é que existirão *mundos conectados de duas formas apenas*; ou bastante fragmentados e arranjados em pequenos grupamentos locais, ou então agrupados em um único grupo, gigante, que

abrange todo o sistema, através de poucos mediadores. O modelo não prevê uma divisão em dois ou mais grandes grupos, segregados entre si, e que gerenciariam paralelamente as conexões do sistema. Para Watts (2003; p 82), “esse resultado pode parecer surpreendente, porque o mundo seguidamente aparece dividido em um pequeno número de macro -alinhamentos geográficos, ideológicos ou culturais e em facções incompatíveis entre si – Leste e Oeste, brancos e negros, ricos e pobres, Judeus, Cristão e Muçulmanos. Apesar destas cisões poderem influenciar nossas percepções, e assim afetar nossas ações de forma importante, o que o modelo alfa nos diz é que elas não se aplicam à rede em si. Nós estamos todos, ou conectados, ou segregados – realmente não há meio termo”.

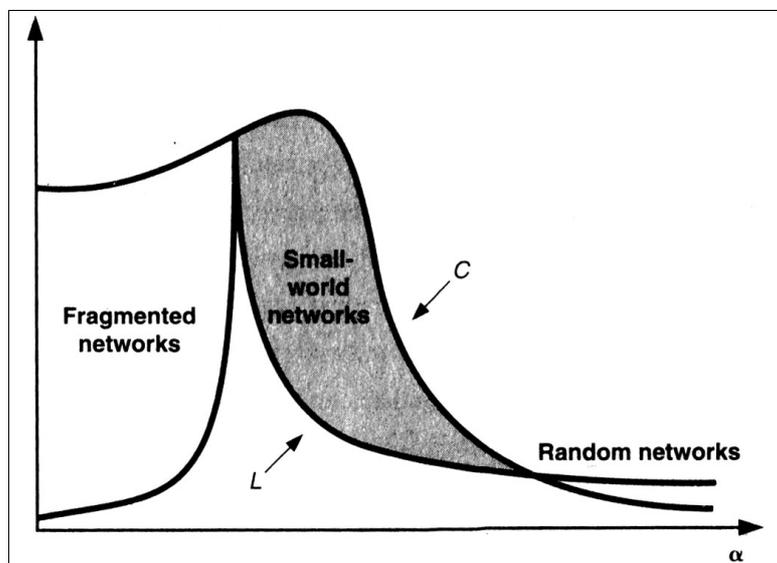


Fig.13: comparação entre distâncias de conexões (L) e o coeficiente de agrupamento C . A região entre as curvas, onde L é pequeno e C é grande (área hachurada) representa a presença de redes do tipo Small World (Watts, 2003; p 81 – adaptado).

O modelo Alfa comprovou a existência de redes com propriedades do tipo Small Worlds, a partir das regras acerca da criação de novos laços de amizade dentro de indivíduos de uma mesma rede. É, no entanto, ainda incapaz de explicitar o que gera tal comportamento. O que se pretende saber agora é a até que extensão os Small Worlds podem existir independentemente de como são criados.

Em termos de sistemas sociais, o que temos é uma característica própria de se viver inserido dentro de grupos, alguns mais outros menos abrangentes,

formando um emaranhado de densas relações impossíveis de serem mapeadas. O que o modelo alfa nos insinua é que há meandros entre o universo destas conexões em que poucas conexões acabam diminuindo a distância média entre todos os indivíduos, mas não deixa claro o modo como isso é obtido. Tão importante quanto comprovar a existência das redes com propriedades do tipo Small Worlds, é poder mapear sua alcançabilidade e seu desempenho otimizado, ou seja, poder-se inferir de modo correto que distância média otimizada é esta.

Dentro de grandes redes, toda ligação aleatória muito provavelmente irá conectar indivíduos que estavam previamente muito distantes um do outro. E ao fazer isso, não apenas eles criam um canal de diálogo, mas também aproximam entre si todos os agrupamentos nos quais estão inseridos.

A observação chave é a de que, dentro de sistemas do tipo Small Worlds, apenas poucas ligações aleatórias são necessárias para gerar um grande efeito compressor dentro da rede, e quanto maior a rede, maior o efeito de cada ligação aleatória individual, então o impacto em adicionar ligações se torna efetivamente independente do tamanho.

Além disso, as primeiras ligações aleatórias desenvolvidas pelo sistema são as que surtem o maior efeito de aproximação entre seus componentes. Para se conseguir uma mesma redução percentual verificada numa primeira fase de poucas ligações, seriam necessários um número muito maior de ligações, o que já não parece ser mais tão importante, dada a não otimização destas ligações. O modelo beta elaborado por Watts e Strogatz (aqui reproduzido a partir de Watts - 2003; p90), relaciona a redução da distância média com um coeficiente de aleatoriedade, isto é, uma porcentagem do número de ligações aleatórias dentro do sistema e nos mostra uma sensível compressão da distância a partir das primeiras ligações aleatórias, que após um determinado momento tende a se estabilizar e, por fim e já não descrevendo mais um comportamento Small World, partir para a total aleatoriedade de ligações, tendendo a reproduzir características de modelos *Solarian World*.

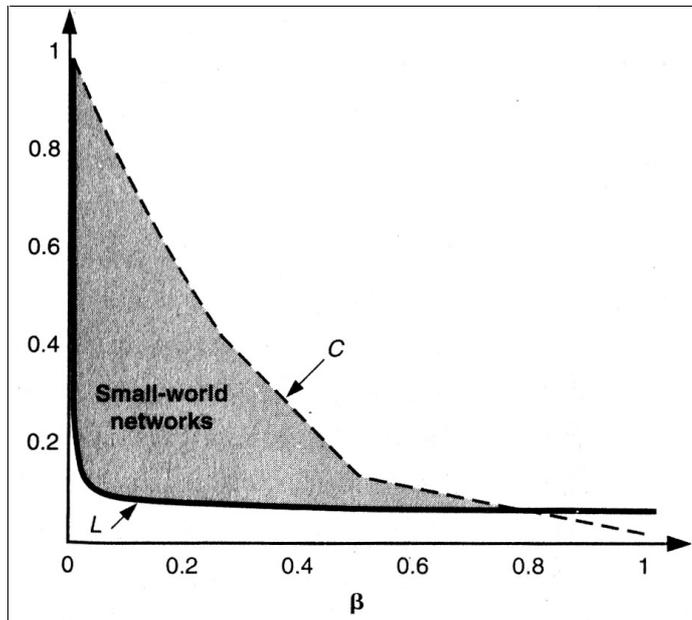


Fig. 14: Distância de conexões e Coeficiente de agrupamento no Modelo Beta. Assim como o modelo alfa, redes do tipo Small Worlds existem quando as distâncias de conexões são pequenas e o coeficiente é grande (área hachurada) (Watts, 2003; p 90).

O grande avanço do modelo beta em relação ao alfa foi a possibilidade de se trabalhar com um coeficiente mais palpável que o anterior, que orbitava em torno de uma relação não muito clara de ordem e aleatoriedade. O coeficiente beta trata diretamente da variação da aleatoriedade do sistema provocada pelo aumento estatístico das ligações randômicas e a redução do coeficiente de agrupamento do sistema, quando o modelo anterior apenas comparava estas duas variações, desprovido de uma relação explicitamente óbvia entre ambos. Seu grande resultado é a possibilidade de se aferir que mesmo em sistemas muito agrupados e segregados, basta um singelo número de contatos intergrupais para se ter uma integração total entre seus membros. Para Watts (2003; p 91), “a beleza destes resultados está em que nós podemos gerar os atalhos de quase todas as formas que nós quisermos – simulando o processo social de coligação, como no modelo alfa, ou simplesmente reproduzindo-o através de equações probabilísticas, como no modelo beta – e nós teremos quase os mesmos resultados. (...), desde que nós tenhamos um modo de gerar agrupamentos e um modo de gerar atalhos, nós sempre teremos uma rede com características de Small Worlds”.

Ainda assim, modelos randômicos em crescimento incorporam duas características seminais, responsáveis pelo seu equilíbrio dinâmico e auto-organizável: a primeira é o trivial crescimento através da anexação de pontos e ligações ao sistema. A segunda, e fundamental sob o aspecto topológico, é a de que esta anexação não é uniforme ou totalmente randômica, mas sim dirigida preferencialmente aos poucos pontos que detêm os maiores números de ligações. Para Barabási & Albert (1999, p03), “modelos de redes aleatórias assumem que a probabilidade com a qual dois vértices são conectados é randômica e uniforme. Em contraste, a maioria das redes reais exibem conectividade preferencial. (...). Isso indica que a probabilidade com a qual um novo vértice se conecta com vértices existentes não é uniforme; há uma grande probabilidade de que este será conectado a um vértice que já possui uma grande soma de ligações”. Para os autores, o crescimento e as ligações preferenciais tenderiam a sistematizar a rede de acordo com alguma *power law*, a qual seria explicaria o surgimento das hierarquias internas auto-organizadoras. Por ser bastante complicada qualquer conceituação acerca do crescimento das redes, dizemos que sistemas abertos, isto é, propensos à influência de novos fatores e rearranjos, possuem um crescimento *escalar-livre*, auto-organizado em hierarquias obtidas pela propriedade implícita de conectividade preferencial.

Isto permite sugerir que redes do tipo Small Worlds não são caras apenas às esferas sociais, tampouco unicamente na situação inicialmente pensada pelos autores de trabalhar com redes de relacionamentos. Tal particularidade dos modelos de rede encontrará aplicação em diversas áreas em que não é possível medir os resultados a partir de ordens lineares de causa e efeito. Estamos falando de comportamentos de mercado, blackouts de energia, propagação de doenças, vírus de computadores, informações, dentre outros. A nova ciência inaugurada com os Small Worlds diz respeito à era conectada em que vivemos.

2.3.4 PERCOLAÇÃO:

Apesar do fato de a teoria da Percolação ter se originado a partir da especulação acerca de um modesto problema, esta contempla uma abordagem

matemática bastante sofisticada: a resolução de problemas envolvendo uma preparação mínima, mas cujos resultados são aparentemente difíceis de serem extraídos e que requerem novos aprimoramentos metodológicos. Ao mesmo tempo, muito dos problemas que implicam o uso de conceitos percolativos são os propostos pela física estatística e vão muito além da questão que inaugura a matéria, apresentada por Hammersley e Morton, em 1954: (Grimmet, 1999; p1) “Supondo que se imersa uma pedra porosa em um balde de água, qual a probabilidade de que o centro da pedra fique molhado?”

A resposta a esta pergunta levou a uma evolução sobre as teorias correntes naquele momento, sobre difusão de fluidos em meios porosos (o chamado transporte passivo), ao ser estudada como conteúdo de um dos pilares dos sistemas complexos: redes e aleatoriedade. No caso do processo clássico de difusão, a aleatoriedade é atribuída aos movimentos fortuitos de agentes (partículas fluidas) em um meio bem-estruturado. Já na percolação, a aleatoriedade surge devido à estrutura desordenada do próprio meio enquanto que os agentes (as próprias partículas do fluido) é que caracterizam uma estrutura ordenada e linear, com propriedades físicas bem conhecidas. Probabilisticamente, o problema da Percolação pode ser definido da seguinte forma (adaptado de Grimmet, 1999; p 1): “em uma retícula retangular (em duas dimensões) ou cúbica (em três dimensões) constituída de ‘células’ conectadas por ‘caminhos’ os quais estão ou abertos ou fechados, há uma determinada probabilidade ‘ ρ ’ de que um caminho escolhido a esmo esteja aberto. Um líquido que não pode fluir para o alto ou um gás que flui em todas as direções penetra os caminhos abertos e preenche uma proporção ‘ λ ’ de células a um nível ‘ σ ’ de profundidade. *A teoria da Percolação está comprometida com o estudo dos caminhos e células consideradas abertas.* A problemática principal está em determinar $\lambda(\rho)$, para grandes retículas”. Tal função parece compreender uma proporção estável de células ocupadas independentemente do modo com o qual o líquido ou o gás é introduzido no primeiro nível de profundidade. Isso nos permite afirmar que a penetração em larga-escala de fluidos num meio poroso (em um primeiro momento representado pelo pitoresco problema da água e da pedra), está

relacionada com a existência de infinitos clusters de espaços abertos conectados entre si. Para Watts (2003; p184), “chama-se de *cluster* um grupo de células que podem ser alcançadas a partir de um ponto de partida aleatório da rede”.

Tais clusters são identificados a partir de modelos e simulações que reproduzem os efeitos de uma percolação real. Sinteticamente, quando temos uma proporção pequena de espaços abertos, teremos uma área ‘úmida’ também pequena, formada por pequenos clusters periféricos, desconectados entre si. Esta proporção começa a aumentar até um determinado valor em que os pequenos e desconectados clusters anteriormente detectados passam a abranger maiores superfícies, ligando-se entre si, e formando uma grande e única superfície ‘úmida’, que ocupa a maior parte do sistema. De certo modo, é como dizer que a partir de combinações locais estimuladas a crescer, há um momento crítico em que se forma uma grande combinação que passa a dominar a dinâmica do sistema. Matematicamente, existe um *valor crítico* p_c para uma proporção p onde todos os clusters são *finitos* quando $p < p_c$, e existe um cluster de *infinitos espaços abertos* quando $p \geq p_c$. Para Grimmet (1999; p2), “a ocorrência de um *fenômeno crítico* é central à questão da percolação. Em termos físicos, nós podemos dizer que a ‘irrigação’ da pedra é um ‘efeito de superfície’ em que a proporção p de espaços abertos é pequena; e um ‘efeito de volume’ quando p é grande”.

O índice de proporção p , portanto, varia desde um valor mínimo (nenhum caminho está aberto para a passagem do fluido pelo meio poroso) até um valor máximo (todos os caminhos abertos, significando que todo o meio poroso está imerso no fluido). Entretanto, para Watts (2003; p185), “entre estes extremos jaz uma complicada soma de possibilidades em que clusters de todos os tamanhos podem existir simultaneamente, e a extensão para qual o fluido se espalha é determinado pelo tamanho do cluster particular em que ele, *fluido*, origina-se. Os principais objetivos da teoria da percolação são caracterizar esta distribuição de tamanhos de cluster e determinar como isto depende dos vários parâmetros do problema”.

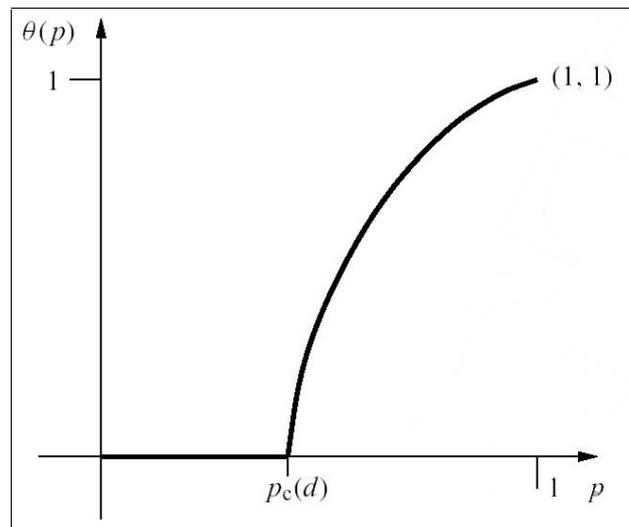


Fig. 15: acredita-se que a probabilidade de percolação se comporta basicamente como ilustrado: sendo θ uma função contínua de p , quando, possivelmente, em um ponto crítico $p_c(d)$, um salto de descontinuidade altera seu comportamento Grimmet (1999; p13).

Por possuir uma conceituação simples e uma teorização matemática que requer um conhecimento apenas geral de probabilidade, os modelos baseados em percolação se tornaram bastante atrativos para simulações em meios desordenados. Primeiro, porque são fáceis de se formular e suas predições qualitativas, mesmo em sistemas complexos, podem ser consideradas realistas. Segundo, por sua simplicidade permite uma série de desenvolvimentos estatísticos assim como a maturação de diversas técnicas e metodologias matemáticas. A prova disto são os próprios Small Worlds, cujas principais aplicações em modelos de propagações de doenças e de vírus de computadores, de incêndios, de comportamentos de mercados financeiros, de multidões, dentre outros (Watts, 2003 cap.6 a 9) usam conceitos e equações probabilísticas fundamentadas pela teoria matemática da Percolação. Terceiro, pois suas conjecturas são facilmente formuladas, e elas mesmas dão base a novas investigações. Haveria ainda uma Quarta razão significativa. Para Grimmet (1999; p6), "uma grande quantidade de esforços tem sido investida em recentes anos em função do entendimento de interações aleatórias de sistemas complexos, incluindo meios desordenados e outros modelos físicos(...). Desenvolver uma teoria completa para tais modelos está geralmente além da metodologia específica para cada caso. Ao invés disso, pode-se às vezes obter resultados parciais através de

comparações com outros processos que são melhor entendidos. É freqüentemente possível fazer tais comparações com um modelo de percolação. Dessa maneira, pode-se derivar resultados cabíveis para a maioria dos sistemas complexos; os quais podem não ser os melhores possíveis, mas podem ao menos indicar o caminho a ser seguido”.

2.3.4.1 Representação:

Apesar de simples, é importante sublinhar o modo com o qual se pode expressar graficamente um modelo baseado em percolação. A partir das definições acima, conseguimos segmentar o estudo da percolação em dois tipos básicos de representação (adaptado de Grimmet, 1999; p 3):

- 1- Bond Percolation (percolação por ligações ou caminhos): mostrando de maneira mais geral, iniciamos com uma matriz periódica de d dimensões, onde cada um dos caminhos/ligações possui uma probabilidade p de estarem abertos, de tal forma que $0 \leq p \leq 1$. O processo resultante é uma percolação por ligações ou caminhos, já que os bloqueios da matriz estão associados com os caminhos/ligações.

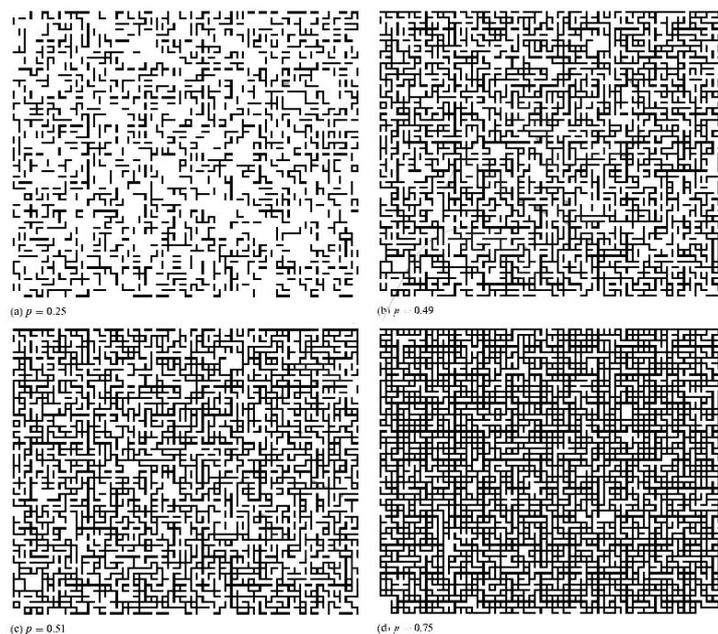


Fig. 16: Modelagem de percolação por ligações (Bond Percolation) em uma trama retangular, para quatro valores distintos de p . Em $p=0.49$, ainda há grupamentos isolados, enquanto que em $p=0.51$, estes já estão aglutinados, formando um grupamento unificado. O ponto crítico encontra-se entre estes dois valores.

2- Site Percolation (percolação por lugar): os vértices, ao invés dos caminhos/ligações são as entidades consideradas como abertas ou fechadas, aleatoriamente, conforme as definições acima; quando, desta vez, os vértices fechados são considerados como os restritores de movimentação dos fluidos dentro da matriz. Os modelos do tipo Site Percolation são mais comuns, por causa de sua maior clareza de representação e da possibilidade de serem convertidos em modelos do tipo Bond Percolation, muito embora esta recíproca não seja verdadeira, o que também contribui para tornar seu uso menos atraentes em simulações.

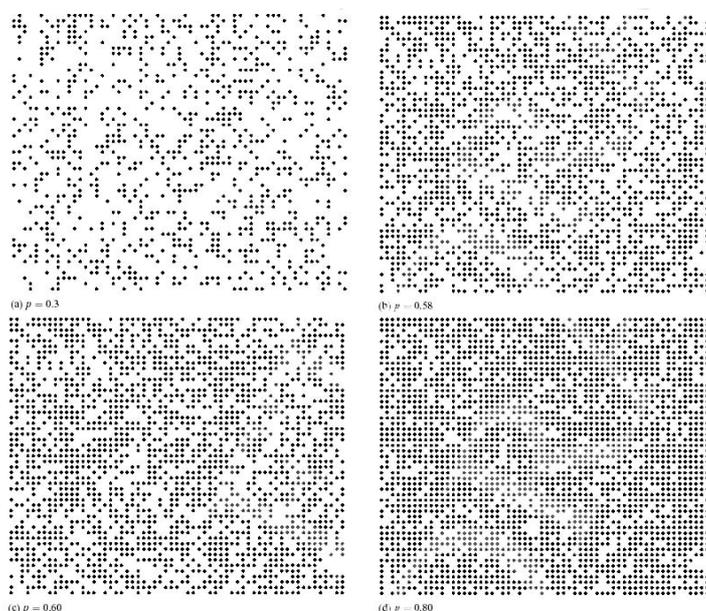


Fig. 17: Modelagem de percolação por lugar (Site Percolation) em uma trama retangular, para quatro valores distintos de p . Em $p=0.58$, ainda há grupamentos isolados, enquanto que em $p=0.60$, estes já estão aglutinados, formando um grupamento unificado. O ponto crítico encontra-se entre estes dois valores.

As considerações acima levaram a percolação a adquirir um senso matemático, isto é, teórico, formal e bem delimitado, e não mais apenas físico – empírico e intuitivo. Desde então, tanto a teoria quanto o conceito de percolação têm sido modernizados e muitos dos problemas em aberto das últimas décadas têm sido resolvidos. Para Watts (2003; p184), “apesar de ter sido originalmente desenvolvida para responder questões dentro da química orgânica, a Teoria da

Percolação tem subseqüentemente provado ser um modo bastante útil de pensar sobre toda a sorte de problemas, desde o tamanho de incêndios florestais, até extração de petróleo, passando pela condutividade elétrica de materiais compostos”. A construção matemática da Percolação é hoje estável e completa, apesar do fato de que muitas questões ainda permanecem em aberto. Para Grimmet (1999; prefácio), “a tecnologia da Percolação tem emergido como um dos pilares da teoria de sistemas físicos desordenados, e seus métodos vêm sendo agora aplicados e estendidos a uma grande variedade de importantes linhas e nichos de pesquisa”. Interessa-nos, porém, o modo como tal teoria é adaptada ao estudo configuracional urbano e social:

2.3.4.2 Percolação e Sistemas urbano e sociais

A transposição das teorias de percolação aos estudos urbanos e sociais está associada à analogia que se cria entre os agentes e o meio poroso. O primeiro é interpretado pelos próprios urbanautas, os agentes urbanos que vivem e circulam pela estrutura urbana, unidos entre si pelas conexões de ordem espacial, social ou cultural que os difere dos demais agentes, cabendo obviamente a esta, o papel do substrato poroso, ou seja, das células abertas ou fechadas do sistema. O fluido, por sua vez, é tido como toda a sorte de matéria, estado ou energia que depende do meio humano interligado para se propagar. A relação entre um e outro é uma perfeita conceituação de sistema dinâmico, com a vantagem de que os modelos de percolação são naturalmente construídos para a análise temporal do sistema.

Para Haynes (1998), o conceito de percolação ajuda a compreender as diferenças de localização, e portanto de acessibilidade, baseadas nas diferenças de renda dos agentes urbanos, que fluem sobre o que seria o substrato poroso: o sistema de redes de acessibilidade, ou seja, as próprias conexões entre vias. O modelo registra uma relação não-linear, logo complexa, entre o número de oportunidades e a renda de indivíduo. “Um modelo simplista de acessibilidade baseado em teoria de percolação estabelece o fenômeno de transformação de fase em que, além de um nível crítico de renda, a acessibilidade a oportunidades desejadas está garantida”, uma inovação em relação às teorias neoclássicas de

economia urbana, pois para uma mesma região ‘concêntrica’, a percolação prevê a existência de mais de um padrão de renda.

Batty (1998) emprega a teoria de percolação para estudar diferenças nos padrões de crescimento urbano, medidos aqui por dimensões fractais, argumentando como correlações entre diferenças de ocupações podem influir na desregulação da morfologia das cidades, em sistemas urbanos em expansão, apesar da implementação de políticas governamentais de restrições ao crescimento de zonas metropolitanas ao redor de Londres e Berlim. Partindo de estudos empíricos com estas regiões, o estudo mostra o comportamento fractal de zonas de expansão urbana e não fractal de núcleos consolidados, junto ao CBD. Em seguida, descreve a dinâmica de crescimento urbano, basicamente como um núcleo central que mantém bastante inalterada a sua base configuracional; e que cada unidade de desenvolvimento (modo com o qual o autor se refere aos padrões de ocupação) que se solta do núcleo central é imediatamente repostado por uma nova unidade, garantindo a saturação do centro do sistema e criando um front de difusão representada pelas fronteiras da cidade central, fronteiras estas que crescem com o tempo e que possuem as propriedades preditas pelo modelo de gradiente de percolação.

Já Watts (2003) adapta a Teoria da Percolação para a elaboração de um modelo de propagação de doenças, o qual emprega com elegância os princípios e conceitos relacionados à percolação para simular o espalhamento de uma doença e a classificação de níveis de contágio, desde a inexistência deste até o patamar de epidemia, atingido através da densidade de nós aleatórios na rede, onde os indivíduos do sistema, conectados entre si, possuem uma certa probabilidade de adquirirem e transmitirem uma doença. No modelo, doença pode ser pensada como um fluido imaginário bombeado a partir de uma célula fonte. Iniciando a partir desta fonte, a doença “flui” por quaisquer conexões suscetíveis que este encontrar, espalhando-se de uma célula suscetível até outra, até não haver mais ligações abertas. A entrada de uma doença em um dado cluster necessariamente implica que todas as células se tornam infectadas também. Para Watts (2003; p186), a possibilidade de se haver uma epidemia depende da existência do que é

chamado *cluster percolado* – um único cluster de células suscetíveis (ligadas por conexões suscetíveis) que permeiam a população inteira. Na falta de um cluster percolado, o que teremos é uma série de focos, pequenos e localizados. (...) Antes de um determinado patamar, o que temos são estes focos. Mas no momento em que este ponto crítico é atingido, nós observamos a subida e dramática aparição de um cluster percolado – aparentemente vindo do nada – através do qual a doença pode se espalhar explicitamente.

Watts observa que ao se atingir este ponto, o que se tem é a conexão de indivíduos muito distantes, através das interligações entre os clusters originais, aproximando-os entre si. O que se tem, portanto, é que a expansão de doenças – bem como outros fenômenos observados entre indivíduos conectados, vistas por intermédio de conceituações da percolação, adquire propriedades do tipo *Small worlds*, na medida em que reduz sensivelmente a distância topológica entre todos os indivíduos do sistema. Estas conclusões serão usadas posteriormente na montagem da metodologia de pesquisa.

2.4 A MONTAGEM TEÓRICA

2.4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA: NÚCLEO REAL x NÚCLEO TOPOLÓGICO

O problema da pesquisa está em investigar a dissonante representação topológica das estruturas urbanas. Configuracionalmente, estaremos voltados à questão da evolução urbana enquanto processo de formação de centros, conduzido de modo não-linear ao longo do tempo e do espaço.

Para Krafta (2005; p02), “em termos gerais, a cidade é sintaticamente representada como um arranjo de espaços abertos interconectados e hierarquicamente distribuídos. (...). É esperado que os núcleos de integração, os sub arranjos contendo os espaços mais integrados, coincidam com o verdadeiro centro urbano”.

A medida de integração, aplicada em diferentes estados de distribuição espacial urbana não relacionados entre si, detectam variações às quais ocasionalmente acabam não coincidindo com a idéia comum e prática de centro urbano, muito embora seja este o principal objetivo destas, como a própria acessibilidade, conforme sugerido anteriormente por Hansen (1959) e por Hillier (1993), onde os autores identificam coerências entre os valores de integração e seus respectivos fluxos e usos do solo.

O que se observa, topologicamente, é que à medida que a cidade evolui, ocupando novos territórios, seu centro de integração tende naturalmente a acompanhar os vetores de seu crescimento. Quando estes vetores levam a cidade a um crescimento excêntrico, podemos na maioria das vezes detectar diferenças entre os centros de integração e os centros reais. Para Porta *et al* (2005b; p11), medidas globais tradicionais de integração, conforme a representação gráfica adotada “não revelam nenhuma ordem no grafo, apenas revelam o centro da imagem”. Logo, o que perceberemos é um deslocamento do centro topológico e, na maioria das vezes, seu descolamento em relação aos centros urbanos precedentes, tornando a captação do núcleo de integração, apenas pelo uso da medida espacial, pouco confiável. Assim sendo, a Sintaxe torna -se mais adequada em medir estados do que propriamente em avaliar a evolução urbana ¹⁶. Para Krafta *et al* (2005; p 03), as modalidades tradicionais enxergam a cidade “como um emaranhado de caminhos, fisicamente definidos por espaços abertos, de modo que a acumulação de formas construídas e atividades não são preocupações. Não havendo edificações nem acúmulo de atividades, o movimento humano acaba sendo sem propósito. Não havendo intencionalidade, o movimento não é baseado em interações entre um plano, estocado mentalmente, e o corpo, que reproduz o movimento, e assim não há memória”.

¹⁶ Podemos usar como exemplo disso o trabalho de Desyllas (1997), onde o autor elabora um estudo evolutivo para a cidade de Berlim baseado em abordagens tradicionais de sintaxe espacial. O resultado é uma variação dos valores de centralidade baseados unicamente nas relações de conectividade entre linhas axiais, sem guardar relação com memória e/ou acúmulo de atividades e que, portanto, possui pouca relação com os estados progressos.

A opção pelo uso da Sintaxe, no entanto, dá-se pelas suas mais notáveis qualidades: a facilidade de representação de sistemas espaciais, cuja versatilidade proposta em recentes estudos (Batty 2004a, 2004b) amplia significativamente seu leque de utilização e seu nível de eficiência, sobretudo em aplicações para a escala local. Constitui-se em um prático dispositivo de extração de cálculos a partir das relações de conectividade entre os espaços de circulação urbana, podendo ser recursivo e facilmente operado por programas de computador. Mais do que isso, estas novas representações aproximam representação sintática da representação de redes, formando uma ligação bastante clara entre diversas teorias multi-disciplinares, como as de rede, e os estudos configuracionais. A sintaxe espacial tornou-se uma ferramenta referencial para abordagens topológicas diversas por possuir em seu escopo variações do seu modo tradicional de implementação que a torna mais adequada para uma maior gama de atividades, principalmente se combinadas com outras técnicas.

2.4.2 CIDADES COMO SMALL WORLDS

Antes de nos debruçarmos sobre a problemática central do estudo, é conveniente examinar o ambiente urbano à luz das teorias de grafos e os sistemas do tipo Small Worlds. De acordo com o que já foi mencionado, um sistema do tipo Small Worlds é uma rede composta de grupos de nós que são localmente ligados formando um *grid*, mas que também possuem ligações que se espalham por todo o grafo, agrupando dessa forma nós mais distantes, que eventualmente venham a pertencer a outros agrupamentos. Se o grafo for meramente composto por ligações adjacentes, como um *grid*, então teremos um sistema localmente bastante integrado, em detrimento de um panorama global segregado (modelos do tipo Cave Man). Ao contrário, redes cujos *links* apresentam-se de maneira predominantemente randômica tendem a possuir uma forte integração global, baseada em ligações diretas, freqüentemente do tipo *ponto-a-ponto*, tornando distâncias globais muito menores, assim como os índices de integração local (modelos do tipo Solarian Worlds). Para Batty (2001; p01), “Os Small Worlds são os melhores de todos os mundos, com curtas distâncias locais onde você pode atingir um grande número de membros adjacentes rapidamente, e em curtas

distâncias-médias permitirão a você atingir qualquer ponto da coletividade rápido também”. Isso pode ser comparado a viver em um grupo local densamente conectado, mas possuindo a faculdade de atingir rapidamente, através de ligações de longa distância, outros membros da mesma rede, pertencentes a outros grupos, e por seu intermédio, atingir os demais membros inseridos em cada grupamento. Ainda para Batty (2001; p01), “em termos espaciais, cidades e sistemas de cidades pareceriam ser candidatas preferenciais em investigações desse tipo. A maioria das redes não-diferenciadas cresce na forma, vamos chamar, de livre-escala, com novos pontos e conexões adicionados em proporção com a estrutura existente”. Conforme Barabasi et Albert (1999 – *in Watts, 2003*), grupamentos existentes, então, tornam-se mais concentrados. Redes que partem deste padrão, claramente o caso dos Small Worlds, provavelmente crescem através da *diferenciação*, através das necessidades espaciais, e/ou das mudanças tecnológicas.

O que a experiência empírica urbana nos ensina é que, enquanto a cidade cresce, novas formas de transporte e comunicação são instituídas para possibilitar aos habitantes uma comunicação eficiente com lugares e pessoas que tendem estar cada vez mais distantes. Para Batty (2001; p02), “a cidade global é muito mais uma consequência dos transportes aéreos, o telefone e da Internet agrupando vários lugares distantes. Pode-se pensar isto como uma sucessão de mundos locais dispostos em camadas sobrepostas, refletindo diferenças em escalas, mas sempre permitindo a conexão local-global”. Se pensarmos a cidade como um *grid*, um sistema composto por nós e ligações em rede, a tendência é que levando-se em conta a dimensão temporal, novos nós e novas ligações vão sendo agregadas, e esta é a tendência de redes dinâmicas abertas. Isto equivale dizer que o crescimento urbano é acompanhado de um crescimento também de sua complexidade. Observamos significativas mudanças estruturais neste processo. Para Batty (2001; p02), “em cidades, estas mudanças resultam nas hierarquias de movimento e no controle sendo estendido, bem como novas rotas cobrindo cada vez maiores distâncias, permitindo às pessoas viagens mais rápidas e diretas. As implicações disso tudo são que cidades sempre foram e

sempre serão redes do tipo Small Worlds, mas enquanto crescem, seu parâmetro de aleatoriedade é preservado através de adições à estrutura, as quais são efetuadas hierarquicamente. Todas as grandes cidades ilustram esse quadro.”

2.4.3 INTERACESSIBILIDADE E A FORMAÇÃO DE MULTICENTROS

Hillier (1999) define áreas urbanas centrais como processos evolutivos ao longo do tempo, cujo produto final é sempre a configuração de um centro vivo, dinâmico, mas atrelado a estados progressos. A presença de vários núcleos de integração pode vir a formar regiões urbanas interaceessíveis. Podemos entender isso como regiões que possuem vários pontos centrais, interligados entre si através de rotas claras ao ponto de capturar boa parte do fluxo de tráfego, de modo que as distâncias gerais se comprimam e aproximem tais pontos referenciais. O que temos então é o surgimento de um ambiente multicentral, onde os pontos internos podem ser facilmente acessados entre si, assim como o multicentro como um todo pode ser facilmente acessado a partir das demais regiões urbanas, através da extensão das vias preferenciais de tráfego que também organizariam o fluxo interno. Em última análise, multicentros ou centros vivos poderiam representar compressores não só de pontos, mas de escalas. Vastas áreas de um sistema urbano poderiam ser acessadas através da movimentação dos agentes, tendo-se como paradas intermediárias estes pontos referenciais dentro de um multicentro. O que temos com esse quadro é uma movimentação que, em seu exemplo mais crítico, varia de uma escala local até uma localização globalmente privilegiada, para em seguida voltar a um patamar local. Isso pode ser vital para entender a distribuição urbana, se considerarmos a estruturação evolutiva das cidades e os padrões de movimentação natural que se retroalimentam. Conforme os estudos já apresentados, Tekleburg (1992 A e 1992 B), reforça que a análise local da forma urbana é a mais eficiente pois os vetores de movimentação são desta forma melhor observados. A idéia intuitiva de centro, no entanto, é a de um espaço formado ao longo do tempo através da contínua sobreposição de escalas de ocupação e densificação de usos e fluxos,

de alguma forma proporcional ao crescimento do restante da malha urbana. Em sistemas urbanos extensos, freqüentemente a idéia de centro é formada pela união de diversos centros locais, outrora espalhados, mas que em determinado período evolutivo, através da extensão de seus domínios, terminam por se unirem e compartilhar de seus fluxos e atividades, formando zonas multicentrais, formadas em torno de espaços representativos (centros cívicos, comerciais, dentre outros). Por mais poderosos que estes possam vir a ser, a evolução de centros de caráter histórico não interferem na formação de centros periféricos, ou de bairros, mas ainda assim se percebe uma clara hierarquia entre eles, dificilmente rompida, ao contrário. Conforme o compasso evolutivo, tais centros periféricos poderão vir no futuro a fazer parte do centro global, caso sejam criadas condições para isso, como vias expressas, respaldadas no aumento dos padrões de movimentação.

A idéia acima não encontra total respaldo em análises topológicas nas quais os resultados da diferenciação espacial são obtidos mediante a aplicação da medida de integração diretamente sobre estados de configuração urbana. Comparando os resultados destas aplicações em vários estados configuracionais ao longo do tempo, muitas vezes o que temos é a movimentação aparentemente inexplicada do centro urbano para posições estrategicamente centrais à trama. Isto é válido tanto para o centro global, quanto para os centros locais.

A presente pesquisa, portanto, é a tentativa de recuperar a idéia de centro urbano em análises topológicas, assumindo que os mesmos estados configuracionais que a cidade apresenta devem ser submetidos a um processo seqüencial, que de alguma forma relacione os valores obtidos entre grafos, mapeando as zonas urbanas mais acessíveis. Este pressuposto auxiliaria na conservação dos resultados progressos e na elaboração de um estudo evolutivo mais coerente com as observações práticas do tema.

Redes urbanas em crescimento configuram naturalmente zonas de intercessibilidade, caracterizadas pela compressão espacial, por sua vez provocada pela sobreposição de escalas. Tais zonas seriam o elo de ligação entre

os diversos centros, principalmente os globais, cujas posições intra-urbanas tendem a se movimentar buscando sempre o centro do sistema. Assim, o centro global seria resultado de um processo histórico, resultado do somatório do crescimento de centros locais que ao se associarem, acabam compartilhando seus valores de integração entre si. Este processo nunca está finalizado e depende sempre dos estágios de crescimento da malha urbana, sendo de alguma forma proporcional a isto. Por ser parte de um sistema em constante evolução, o processo teria que ser medido temporalmente, através da análise contínua da estrutura urbana e através de medidas de integração que detectem as zonas multicentrais através de patamares de facilidade de acesso dentro da trama, já que isto simbolizaria os destinos dos movimentos intraurbanos.

2.4.4 PERCOLAÇÃO COMO FERRAMENTA DE COMPRESSÃO ESPACIAL

Esta idéia não é diferente daquela na qual verificamos a formação de comportamento Small Worlds dentro de redes e sistemas urbanos. Na verdade, as duas abordagens se complementam e dão suporte para a elaboração teórica do presente estudo. Isto é fato, ao percebermos que ambas as modalidades tem em sua base representativa a idéia de uma rede, cujas propriedades são estudadas a partir das relações de conectividade entre seus membros, com uma vantagem em relação à teoria de Watts/Strogatz: esta conta com uma formulação própria para a análise de casos de sobreposição de escalas.

A idéia, portanto, é associar uma representação sintática que permita uma leitura de rede a uma teoria apropriada a representações evolutivas. A clara associação de compressão espacial provocada pelo processo de formação de centros e a tendência comportamental de redes que tendem a se tornar sistemas do tipo Small Worlds nos parece prover o suporte teórico ideal para encaminhar a investigação. Em última análise, o crescimento de sistemas urbanos, topologicamente falando, pode ser narrado através da adição aleatória de pedaços de espaço ligados como outros pedaços de espaços pré-existent. A associação teórica com redes do tipo Small Worlds parece assim ainda mais apropriada, na

medida em que tal integração global a partir de núcleos locais é obtida também através da inclusão de ligações absolutamente aleatórias, até um dado momento em que se atinge um estágio crítico e as distâncias globais se reduzem drasticamente.

Acreditamos também que as teorias percolativas, apesar de terem sido formuladas antes mesmo dos experimentos pioneiros de Millgram, foram exitosamente apropriadas pela teoria dos Small Worlds, e podem moldar um roteiro para um modelo computacional destinado a descrever dinamicamente o processo de compressão espacial, visto aqui totalmente desatrelado das associações com padrões de movimentação, atratores urbanos e modeladores configuracionais: o que pretendemos é analisar o sistema urbano unicamente como uma rede cujo crescimento pode ser descrito como aleatório e cujos estados progressos levam a obtenção de regiões que apresentam comportamento do tipo Small Worlds.

Assim como o estudo evolutivo urbano, a percolação só faz sentido na presença da dimensão temporal. Seu papel é o de implementar o processo à primeira vista randômico de conexões espaciais, através da coligação de pedaços adjacentes *provavelmente* candidatos a fazerem parte de um núcleo local de integração, isto é, espaços com valores de integração superiores ao dos demais. Tal superioridade deverá estar acima de um certa proporcionalidade, definida empiricamente.

O que se pretende com isso, é formar um espaço composto por diversos pontos na estrutura urbana onde, uma vez acessados, permitam uma passagem direta para qualquer outro ponto adjacente ao centro, encurtando distâncias topológicas de locomoção, desencadeando o processo de compressão espacial, conceituado por Krafta *et al* (2005; p05) como “um passo adiante na representação interna da cidade, seguido da diferenciação espacial, por fazer vários espaços serem representados por um único. A percolação é usada aqui como um mecanismo de formação de núcleos ao redor de um centro, geralmente formado por pedaços de espaço, que se torna uma única entidade. De acordo com

isso, os núcleos são lugares ou endereços em que toda uma área urbana é estocada, controlada e revisitada pela memória dos agentes. São entidades, constituídas pela fusão dos espaços mais localmente integrados do sistema. Este tipo de estrutura é altamente estável”.

A idéia é transformar a percolação em uma propriedade recursiva, soldando os espaços adjacentes de maiores valores de integração local em núcleos pré - formados. Esta estratégia seria repetida seguidamente até a obtenção de um ponto crítico. Em outras palavras, o que se procura é qualificar um sistema no qual distâncias conectivas possam ser reduzidas de acordo com uma lógica de probabilidade. Mais do que isso , montar uma estratégia que correlacione reduções efetuadas nos diversos estados configuracionais urbanos, partindo dos mais antigos em direção ao presente, produzindo assim uma simulação mais eficiente do paradigma evolutivo urbano, mais especificamente, do fenômeno de formação de centros.

Portanto, partindo-se do sistema inicial, a profundidade média do sistema seria bastante alta num primeiro momento. A partir da identificação topológica dos pontos localmente mais integrados do sistema, os adjacentes mais bem hierarquizados vão sendo sistematicamente soldados a estes. Repetindo -se este procedimento, gradativamente o sistema tende a ficar mais agrupado em pequenos clusters, mas a profundidade média entre os espaços do sistema continuará bastante alta. Em determinado momento, algumas poucas conexões unirão os clusters entre si, formando um único grande agrupamento, envolvendo totalmente o sistema. Quando isto, o ponto crítico propriamente dito, for verificado, as distâncias topológicas do sistema experimentarão uma drástica redução, vindo a ser limitada por uma pequena seqüência de passos, de tal forma que qualquer outra percolação subsequente não causará nenhum reflexo tão ou mais importante do que o verificado quando do alcance de tal ponto. Por conseguinte, o ponto crítico marca o final da Percolação do sistema, a otimização da compressão espacial e a verificação de um sistema com características de Small Worlds.

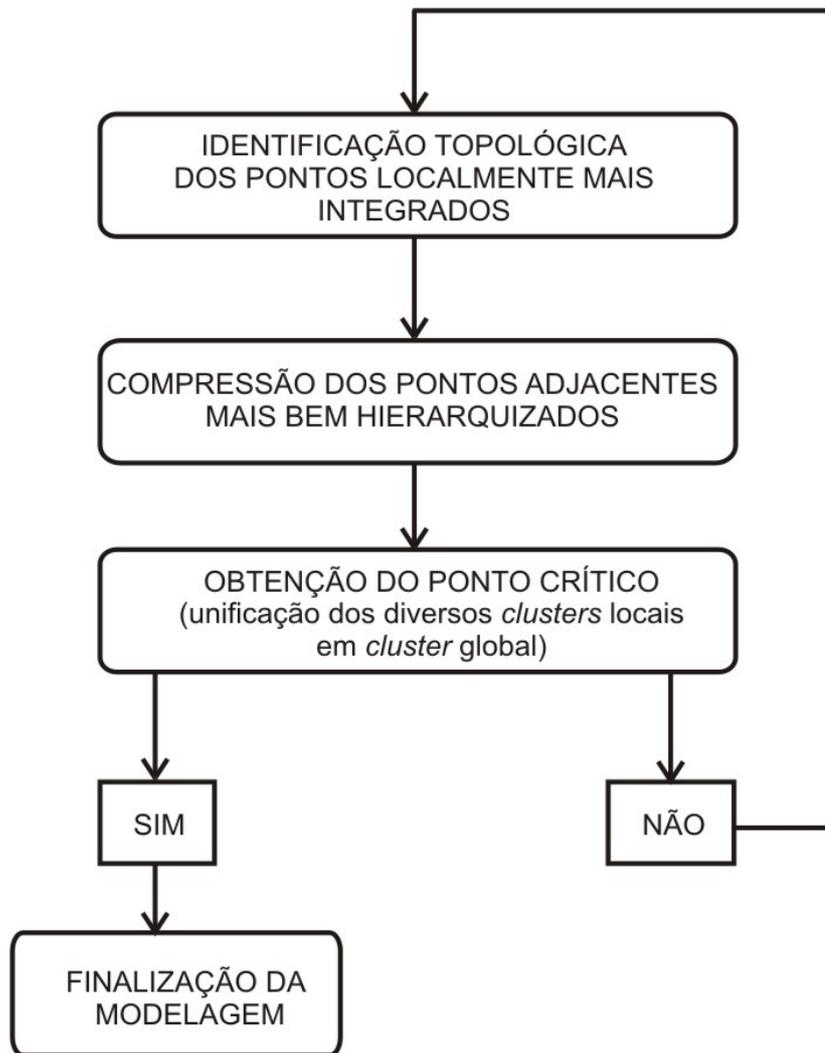


fig 18: diagrama de montagem teórica.

Desta forma pretendemos aprimorar um modelo recursivo espacial baseado não somente em conexões, mas acima de tudo em probabilidades de novas conexões à distância. Deverá ser genérico a ponto de considerar a trama urbana como uma rede semelhante a qualquer outra, onde as ligações não possuem explicações causa is evidentes e à primeira vista parecem aleatórias.

Espera-se com isso atingir o objetivo básico do estudo: o de alinhar, mesmo de modo experimental, uma série de conceitos teóricos e procedimentos práticos que permitam a representação de centros estáveis ao longo do tempo, aproximando rotinas topológicas ao fenômeno natural de formação de centros urbanos.

3. MONTAGEM TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo promover uma ligação clara entre a série de conceitos apresentados no capítulo anterior. Visa também lançar as bases teóricas adequadas para a viabilização metodológica do modelo computacional que objetivará descrever a evolução das hierarquias urbanas, representadas aqui como centros locais, regionais e globais.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA: NÚCLEO REAL x NÚCLEO TOPOLÓGICO

O problema da pesquisa está em investigar a dissonante representação topológica das estruturas urbanas. Configuracionalmente, estaremos voltados à questão da evolução urbana enquanto processo de formação de centros, conduzido de modo não-linear ao longo do tempo e do espaço.

Para Krafta (2005; p02), “em termos gerais, a cidade é sintaticamente representada como um arranjo de espaços abertos interconectados e hierarquicamente distribuídos. (...). É esperado que os núcleos de integração, os sub arranjos contendo os espaços mais integrados, coincidam com o verdadeiro centro urbano”.

A medida de integração, aplicada em diferentes estados de distribuição espacial urbana não relacionados entre si, detectam variações às quais ocasionalmente acabam não coincidindo com a idéia comum e prática de centro urbano, muito embora seja este o principal objetivo destas, como a própria acessibilidade, conforme sugerido anteriormente por Hansen (1959) e por Hillier (1993), onde os autores identificam coerências entre os valores de integração e seus respectivos fluxos e usos do solo.

O que se observa, topologicamente, é que à medida que a cidade evolui, ocupando novos territórios, seu centro de integração tende naturalmente a acompanhar os vetores de seu crescimento. Quando estes vetores levam a cidade a um crescimento excêntrico, podemos na maioria das vezes detectar diferenças entre os centros de integração e os centros reais. Para Porta *et al* (2005b; p11), medidas globais tradicionais de integração, conforme a representação gráfica adotada “não revelam nenhuma ordem no grafo, apenas revelam o centro da imagem”. Logo, o que perceberemos é um deslocamento do centro topológico e, na maioria das vezes, seu descolamento em relação aos centros urbanos precedentes, tornando a captação do núcleo de integração, apenas pelo uso da medida espacial, pouco confiável. Assim sendo, a Sintaxe torna-se mais adequada em medir estados do que propriamente em avaliar a evolução urbana ¹. Para Krafta *et al* (2005; p 03), as modalidades tradicionais enxergam a cidade “como um emaranhado de caminhos, fisicamente definidos por espaços abertos, de modo que a acumulação de formas construídas e atividades não são preocupações. Não havendo edificações nem acúmulo de atividades, o movimento humano acaba sendo sem propósito. Não havendo intencionalidade, o movimento não é baseado em interações entre um plano, estocado mentalmente, e o corpo, que reproduz o movimento, e assim não há memória”.

A opção pelo uso da Sintaxe, no entanto, dá-se pelas suas mais notáveis qualidades: a facilidade de representação de sistemas espaciais, cuja versatilidade proposta em recentes estudos (Batty 2004a, 2004b) amplia significativamente seu leque de utilização e seu nível de eficiência, sobretudo em aplicações para a escala local. Constitui-se em um prático dispositivo de extração de cálculos a partir das relações de conectividade entre os espaços de circulação urbana, podendo ser recursivo e facilmente operado por programas de computador. Mais do que isso, estas novas representações aproximam representação sintática da representação de redes, formando uma ligação

¹ Podemos usar como exemplo disso o trabalho de Desyllas (1997), onde o autor elabora um estudo evolutivo para a cidade de Berlim baseado em abordagens tradicionais de sintaxe espacial. O resultado é uma variação dos valores de centralidade baseados unicamente nas relações de conectividade entre linhas axiais, sem guardar relação com memória e/ou acúmulo de atividades e que, portanto, possui pouca relação com os estados progressos.

bastante clara entre diversas teorias multi-disciplinares, como as de rede, e os estudos configuracionais. A sintaxe espacial tornou-se uma ferramenta referencial para abordagens topológicas diversas por possuir em seu escopo variações do seu modo tradicional de implementação que a torna mais adequada para uma maior gama de atividades, principalmente se combinadas com outras técnicas.

3.2 CIDADES COMO SMALL WORLDS

Antes de nos debruçarmos sobre a problemática central do estudo, é conveniente examinar o ambiente urbano à luz das teorias de grafos e os sistemas do tipo Small Worlds. De acordo com o que já foi mencionado, um sistema do tipo Small Worlds é uma rede composta de grupos de nós que são localmente ligados formando um *grid*, mas que também possuem ligações que se espalham por todo o grafo, agrupando dessa forma nós mais distantes, que eventualmente venham a pertencer a outros agrupamentos. Se o grafo for meramente composto por ligações adjacentes, como um *grid*, então teremos um sistema localmente bastante integrado, em detrimento de um panorama global segregado (modelos do tipo Cave Man). Ao contrário, redes cujas *links* apresentam-se de maneira predominantemente randômica tendem a possuir uma forte integração global, baseada em ligações diretas, freqüentemente do tipo *ponto-a-ponto*, tornando distâncias globais muito menores, assim como os índices de integração local (modelos do tipo Solarian Worlds). Para Batty (2001; p01), “Os Small Worlds são os melhores de todos os mundos, com curtas distâncias locais onde você pode atingir um grande número de membros adjacentes rapidamente, e em curtas distâncias-médias permitirão a você atingir qualquer ponto da coletividade rápido também”. Isso pode ser comparado a viver em um grupo local densamente conectado, mas possuindo a faculdade de atingir rapidamente, através de ligações de longa distância, outros membros da mesma rede, pertencentes a outros grupos, e por seu intermédio, atingir os demais membros inseridos em cada grupo. Ainda para Batty (2001; p01), “em termos espaciais, cidades e sistemas de cidades pareceriam ser candidatas preferenciais em investigações desse tipo. A maioria das redes não-diferenciadas cresce na forma, vamos chamar, de livre-escala, com novos pontos e conexões adicionados em proporção

com a estrutura existente”. Conforme Barabasi et Albert (1999 – *in Watts, 2003*), agrupamentos existentes, então, tornam-se mais concentrados. Redes que partem deste padrão, claramente o caso dos Small Worlds, provavelmente crescem através da *diferenciação*, através das necessidades espaciais, e/ou das mudanças tecnológicas.

O que a experiência empírica urbana nos ensina é que, enquanto a cidade cresce, novas formas de transporte e com unificação são instituídas para possibilitar aos habitantes uma comunicação eficiente com lugares e pessoas que tendem estar cada vez mais distantes. Para Batty (2001; p02), “a cidade global é muito mais uma consequência dos transportes aéreos, o telefone e da Internet agrupando vários lugares distantes. Pode-se pensar isto como uma sucessão de mundos locais dispostos em camadas sobrepostas, refletindo diferenças em escalas, mas sempre permitindo a conexão local-global”. Se pensarmos a cidade como um *grid*, um sistema composto por nós e ligações em rede, a tendência é que levando-se em conta a dimensão temporal, novos nós e novas ligações vão sendo agregadas, e esta é a tendência de redes dinâmicas abertas. Isto equivale dizer que o crescimento urbano é acompanhado de um crescimento também de sua complexidade. Observamos significativas mudanças estruturais neste processo. Para Batty (2001; p02), “em cidades, estas mudanças resultam nas hierarquias de movimento e no controle sendo estendido, bem como novas rotas cobrindo cada vez maiores distâncias, permitindo às pessoas viagens mais rápidas e diretas. As implicações disso tudo são que cidades sempre foram e sempre serão redes do tipo Small Worlds, mas enquanto crescem, seu parâmetro de aleatoriedade é preservado através de adições à estrutura, as quais são efetuadas hierarquicamente. Todas as grandes cidades ilustram esse quadro.”

3.3 INTERACESSIBILIDADE E A FORMAÇÃO DE MULTICENTROS

Hillier (1999) define áreas urbanas centrais como processos evolutivos ao longo do tempo, cujo produto final é sempre a configuração de um centro vivo, dinâmico, mas atrelado a estados pregressos. A presença de vários núcleos de

integração pode vir a formar regiões urbanas interaccessíveis. Podemos entender isso como regiões que possuem vários pontos centrais, interligados entre si através de rotas claras ao ponto de capturar boa parte do fluxo de tráfego, de modo que as distâncias gerais se comprimam e aproximem tais pontos referenciais. O que temos então é o surgimento de um ambiente multicentral, onde os pontos internos podem ser facilmente acessados entre si, assim como o multicentro como um todo pode ser facilmente acessado a partir das demais regiões urbanas, através da extensão das vias preferenciais de tráfego que também organizariam o fluxo interno. Em última análise, multicentros ou centros vivos poderiam representar compressores não só de pontos, mas de escalas. Vastas áreas de um sistema urbano poderiam ser acessadas através da movimentação dos agentes, tendo-se como paradas intermediárias estes pontos referenciais dentro de um multicentro. O que temos com esse quadro é uma movimentação que, em seu exemplo mais crítico, varia de uma escala local até uma localização globalmente privilegiada, para em seguida voltar a um patamar local. Isso pode ser vital para entender a distribuição urbana, se considerarmos a estruturação evolutiva das cidades e os padrões de movimentação natural que se retroalimentam. Conforme os estudos já apresentados, Tekleburg (1992 A e 1992 B), reforça que a análise local da forma urbana é a mais eficiente pois os vetores de movimentação são desta forma melhor observados. A idéia intuitiva de centro, no entanto, é a de um espaço formado ao longo do tempo através da contínua sobreposição de escalas de ocupação e densificação de usos e fluxos, de alguma forma proporcional ao crescimento do restante da malha urbana. Em sistemas urbanos extensos, freqüentemente a idéia de centro é formada pela união de diversos centros locais, outrora espalhados, mas que em determinado período evolutivo, através da extensão de seus domínios, terminam por se unirem e compartilhar de seus fluxos e atividades, formando zonas multicentrais, formadas em torno de espaços representativos (centros cívicos, comerciais, dentre outros). Por mais poderosos que estes possam vir a ser, a evolução de centros de caráter histórico não interferem na formação de centros periféricos, ou de bairros, mas ainda assim se percebe uma clara hierarquia entre eles,

difícilmente rompida, ao contrário. Conforme o compasso evolutivo, tais centros periféricos poderão vir no futuro a fazer parte do centro global, caso sejam criadas condições para isso, como vias expressas, respaldadas no aumento dos padrões de movimentação.

A idéia acima não encontra total respaldo em análises topológicas nas quais os resultados da diferenciação espacial são obtidos mediante a aplicação da medida de integração diretamente sobre estados de configuração urbana. Comparando os resultados destas aplicações em vários estados configuracionais ao longo do tempo, muitas vezes o que temos é a movimentação aparentemente inexplicada do centro urbano para posições estrategicamente centrais à trama. Isto é válido tanto para o centro global, quanto para os centros locais.

A presente pesquisa, portanto, é a tentativa de recuperar a idéia de centro urbano em análises topológicas, assumindo que os mesmos estados configuracionais que a cidade apresenta devem ser submetidos a um processo seqüencial, que de alguma forma relacione os valores obtidos entre grafos, mapeando as zonas urbanas mais acessíveis. Este pressuposto auxiliaria na conservação dos resultados progressos e na elaboração de um estudo evolutivo mais coerente com as observações práticas do tema.

Redes urbanas em crescimento configuram naturalmente zonas de intercessibilidade, caracterizadas pela compressão espacial, por sua vez provocada pela sobreposição de escalas. Tais zonas seriam o elo de ligação entre os diversos centros, principalmente os globais, cujas posições intra-urbanas tendem a se movimentar buscando sempre o centro do sistema. Assim, o centro global seria resultado de um processo histórico, resultado do somatório do crescimento de centros locais que ao se associarem, acabam compartilhando seus valores de integração entre si. Este processo nunca está finalizado e depende sempre dos estágios de crescimento da malha urbana, sendo de alguma forma proporcional a isto. Por ser parte de um sistema em constante evolução, o processo teria que ser medido temporalmente, através da análise e contínua da estrutura urbana e através de medidas de integração que detectem as zonas

multicentrais através de patamares de facilidade de acesso dentro da trama, já que isto simbolizaria os destinos dos movimentos intraurbanos.

3.4 PERCOLAÇÃO COMO FERRAMENTA DE COMPRESSÃO ESPACIAL

Esta idéia não é diferente daquela na qual verificamos a formação de comportamento Small Worlds dentro de redes e sistemas urbanos. Na verdade, as duas abordagens se complementam e dão suporte para a elaboração teórica do presente estudo. Isto é fato, ao percebermos que ambas as modalidades tem em sua base representativa a idéia de uma rede, cujas propriedades são estudadas a partir das relações de conectividade entre seus membros, com uma vantagem em relação à teoria de Watts/Strogatz: esta conta com uma formulação própria para a análise de casos de sobreposição de escalas.

A idéia, portanto, é associar uma representação sintática que permita uma leitura de rede a uma teoria apropriada a representações evolutivas. A clara associação de compressão espacial provocada pelo processo de formação de centros e a tendência comportamental de redes que tendem a se tornar sistemas do tipo Small Worlds nos parece prover o suporte teórico ideal para encaminhar a investigação. Em última análise, o crescimento de sistemas urbanos, topologicamente falando, pode ser narrado através da adição aleatória de pedaços de espaço ligados como outros pedaços de espaços pré-existent. A associação teórica com redes do tipo Small Worlds parece assim ainda mais apropriada, na medida em que tal integração global a partir de núcleos locais é obtida também através da inclusão de ligações absolutamente aleatórias, até um dado momento em que se atinge um estágio crítico e as distâncias globais se reduzem drasticamente.

Acreditamos também que as teorias percolativas, apesar de terem sido formuladas antes mesmo dos experimentos pioneiros de Millgram, foram exitosamente apropriadas pela teoria dos Small Worlds, e podem moldar um roteiro para um modelo computacional destinado a descrever dinamicamente o processo de compressão espacial, visto aqui totalmente desatrelado das

associações com padrões de movimentação, atratores urbanos e modeladores configuracionais: o que pretendemos é analisar o sistema urbano unicamente como uma rede cujo crescimento pode ser descrito como aleatório e cujos estados progressos levam a obtenção de regiões que apresentam comportamento do tipo Small Worlds.

Assim como o estudo evolutivo urbano, a percolação só faz sentido na presença da dimensão temporal. Seu papel é o de implementar o processo à primeira vista randômico de conexões espaciais, através da coligação de pedaços adjacentes *provavelmente* candidatos a fazerem parte de um núcleo local de integração, isto é, espaços com valores de integração superiores aos demais. Tal superioridade deverá estar acima de uma certa proporcionalidade, definida empiricamente.

O que se pretende com isso, é formar um espaço composto por diversos pontos na estrutura urbana onde, uma vez acessados, permita uma passagem direta para qualquer outro ponto adjacente ao centro, encurtando distâncias topológicas de locomoção, desencadeando o processo de compressão espacial, conceituado por Krafta *et al* (2005; p05) como “um passo adiante na representação interna da cidade, seguido da diferenciação espacial, por fazer vários espaços serem representados por um único. A percolação é usada aqui como um mecanismo de formação de núcleos ao redor de um centro, geralmente formado por pedaços de espaço, que se torna uma única entidade. De acordo com isso, os núcleos são lugares ou endereços em que toda uma área urbana é estocada, controlada e revisitada pela memória dos agentes. São entidades, constituídas pela fusão dos espaços mais localmente integrados do sistema. Este tipo de estrutura é altamente estável”.

A idéia é transformar a percolação em uma propriedade recursiva, soldando os espaços adjacentes de maiores valores de integração local em núcleos pré-formados. Esta estratégia seria repetida seguidamente até a obtenção de um ponto crítico. Em outras palavras, o que se procura é qualificar um sistema no qual distâncias conectivas possam ser reduzidas de acordo com uma lógica de

probabilidade. Mais do que isso, montar uma estratégia que correlacione reduções efetuadas nos diversos estados configuracionais urbanos, partindo dos mais antigos em direção ao presente, produzindo assim uma simulação mais eficiente do paradigma evolutivo urbano, mais especificamente, do fenômeno de formação de centros.

Portanto, partindo-se do sistema inicial, a profundidade média do sistema seria bastante alta num primeiro momento. A partir da identificação topológica dos pontos localmente mais integrados do sistema, os adjacentes mais bem hierarquizados vão sendo sistematicamente soldados a estes. Repetindo-se este procedimento, gradativamente o sistema tende a ficar mais agrupado em pequenos clusters, mas a profundidade média entre os espaços do sistema continuará bastante alta. Em determinado momento, algumas poucas conexões unirão os clusters entre si, formando um único grande agrupamento, envolvendo totalmente o sistema. Quando isto, o ponto crítico propriamente dito, for verificado, as distâncias topológicas do sistema experimentarão uma drástica redução, vindo a ser limitada por uma pequena seqüência de passos, de tal forma que qualquer outra percolação subsequente não causará nenhum reflexo tão ou mais importante do que o verificado quando do alcance de tal ponto. Por conseguinte, o ponto crítico marca o final da Percolação do sistema, a otimização da compressão espacial e a verificação de um sistema com características de Small Worlds.

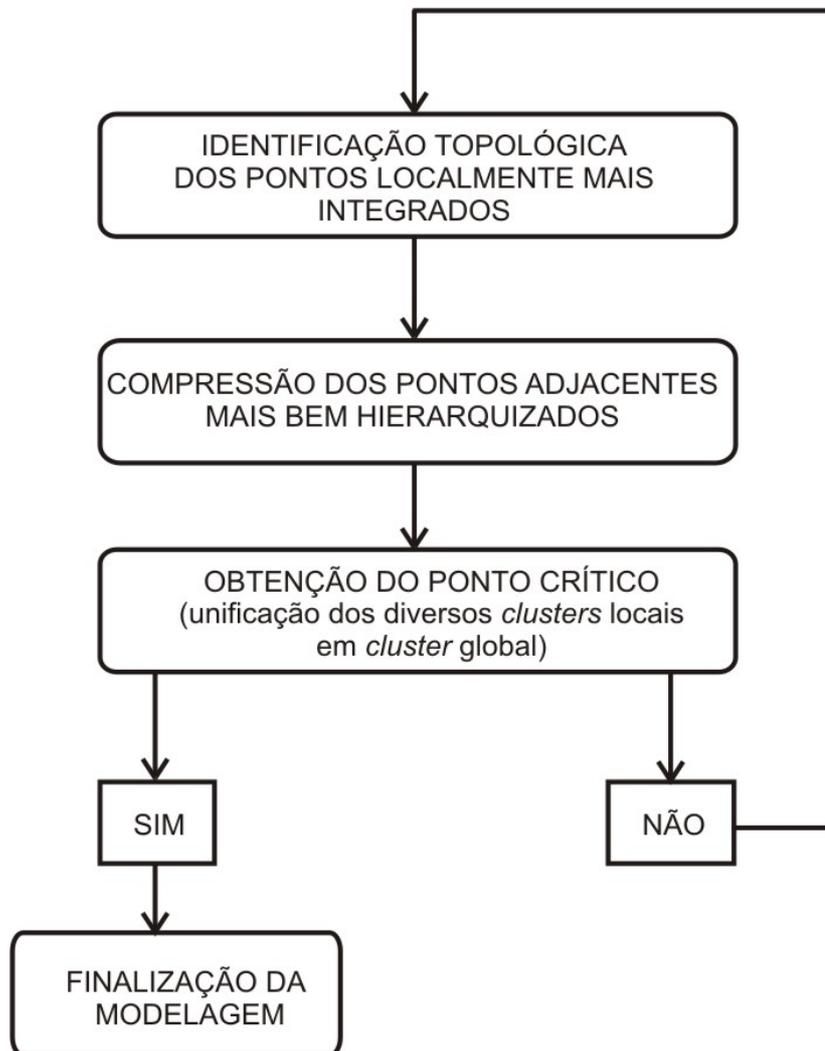


fig 18: diagrama de montagem teórica.

Desta forma pretendemos aprimorar um modelo recursivo espacial baseado não somente em conexões, mas acima de tudo e em probabilidades de novas conexões à distância. Deverá ser genérico a ponto de considerar a trama urbana como uma rede semelhante a qualquer outra, onde as ligações não possuem explicações causais evidentes e à primeira vista parecem aleatórias.

Espera-se com isso atingir o objetivo básico do estudo: o de alinhar, mesmo de modo experimental, uma série de conceitos teóricos e procedimentos práticos que permitam a representação de centros estáveis ao longo do tempo, aproximando rotinas topológicas ao fenômeno natural de formação de centros urbanos.

4. METODOLOGIA

Este capítulo versará basicamente em torno da construção e validação de um modelo computacional apto a simular o fenômeno de compressão espacial, conforme teorizado no capítulo anterior, sendo este o método empregado na exploração dos resultados.

Para Faria (2002; p 190), “O mundo real ou objetivo, enquanto objeto de conhecimento, somente pode ser acessado diretamente através de seus elementos observáveis (através de medidas e dados), não sendo possível observar as relações e interações entre os dados. Estas podem apenas ser induzidas. A averiguação das possíveis relações e interações responsáveis pelos fatos observados no mundo faz parte da investigação científica e pode ser realizada seguindo princípios. A modelagem é uma das ferramentas que pode auxiliar na compreensão das interações existentes nos fenômenos observados.”

Para Couclelis (1987; p96-97), “a modelagem, enquanto ferramenta de conhecimento, não lida diretamente com os fenômenos em si, mas serve para auxiliar na organização e integração dos retalhos de conhecimento empírico existentes, ajudando a clarificar o significado do que é conhecido, buscando plausíveis interações causais, funcionais e espaciais entre classes de variáveis pertinentes. Assim, a modelagem tem como função criar um fundo para organizar as experiências, em vez de servir como veículo para explicações diretas de fatos observados, enfocando as diferentes possibilidades de relações e interações por detrás dos fatos”.

É importante salientar que em nenhum momento o exercício de simulação pretende recriar isomorficamente os processos reais. O objetivo é chegar, por meio de um conjunto de diretrizes devidamente explicitadas, aos mesmos resultados destes, criando assim, “insights” sobre os processos envolvidos. O sistema real é visto como a base de conhecimento e ponto de partida para a

formação de estruturas conceituais que organizam o conhecimento e, ao mesmo tempo, como o resultado a ser alcançado em decorrência das relações e interações deduzidas através do exercício.

4.1 SISTEMÁTICA DE MODELAGEM

O modelo proposto buscará simular a formação de regiões multicentrais, através das relações de conectividade entre os espaços, como forma de mapeamento de zonas de inter acessibilidade urbana, que por sua vez, representariam o centro verdadeiro da cidade. Este centro, conforme exposto anteriormente, não é obtido através da simples aplicação de medidas de integração, e sim através de um processo que envolve espaço, tempo e acumulação de processos, os quais serão delimitados para efeito de estratégia metodológica, aos de caráter unicamente topológicos. Antes disso, no entanto, é necessário definir a representação espacial do modelo, recorrendo para tanto, à discretização das unidades espaciais. Dentre uma série de alternativas, tais como polígonos convexos e linhas axiais (sendo que as últimas são originadas dos primeiros), optaremos pela representação Dual (intersecções como pontos espaciais e trechos como ligações), por ser esta a que melhor representa a idéia intuitiva de centro formado por pedaços de espaço, de acordo com o que fora visto no capítulo anterior.

Tendo isso, poderemos delinear o funcionamento do modelo. O que se pretende é montar uma rotina que reproduza, basicamente, três dispositivos plenamente articulados entre si: o primeiro fará a diferenciação espacial (representando uma forma estruturada de se adquirir informações acerca do espaço, a partir de suas ligações topológicas), como forma de capturar, através da medida de acessibilidade, os espaços mais bem cotados em relação aos demais. O segundo passo representará a compressão espacial propriamente dita. Sua lógica está na classificação e hierarquização das informações advindas do primeiro passo. A partir da detecção dos pontos mais bem colocados no ranking de integração, examinaremos os espaços situados a dois passos de profundidade

relativa destes. Novamente, serão selecionados os que se mostrarem mais bem cotados no ranking de integração.

Já o terceiro passo insere a variável *tempo* ao modelo, bem como tudo o que ela representa em termos de diferenciação de espaço representa a passagem do tempo, a compressão espacial propriamente dita e o conseqüente desenvolvimento de um centro urbano, nos moldes aqui preconizados. Isto é representado no modelo pela união dos pontos-semente da estrutura aos pontos mais bem dotados em termos de valores relativos de integração. É interessante salientar que, conforme já fora explicitado, estaremos observando a vizinhança a dois passos de profundidade dos espaços tidos como “sementes” (já que estes seriam os pontos iniciais para a detecção de um núcleo de integração maior), pois as ligações que serão feitas como forma de caracterizar o fenômeno topológico de compressão espacial se dão entre espaços -semente e espaços conectados a outros espaços que já possuem uma relação de conexão com os pontos -semente. Desta forma, impedimos que a compressão espacial seja feita de modo arbitrariamente remoto. Ao contrário, esta se dará através das relações semi-diretas de conectividade. O resultado disso é formação de uma nova rede de relações, baseadas em afinidades topológicas, aproximando espaços outrora distantes entre si. Na prática, temos assim a construção de uma outra rede, com pontos-chave estendendo seus domínios pelo sistema. A partir desta nova informação espacial, representada pela agregação dos pontos fundamentais da estrutura entre si, o sistema volta a ser modelado.

4.2 DEFINIÇÕES DE MODELAGEM

Para o primeiro dispositivo, a intenção é usar uma medida topológica, pois através das relações de conectividade entre os espaços, podemos ter uma certa idéia de como se comporta a diferenciação espacial dentro da malha. A medida de *Acessibilidade*, por sua simplicidade conceitual (que relaciona as linhas em função de sua proximidade relativa, hierarquizando-as de acordo com a média, global ou local, das distâncias entre os espaços envolvidos) parece ser a opção mais

razoável. Dada esta simplicidade, os modelos espaciais baseados em acessibilidade são os preferidos quando se busca relacionar movimentos, tanto de pedestres, quanto veicular, com alguma outra estrutura configuracional. A própria medida sintática de integração guarda grande semelhança com a medida de acessibilidade.

Tão importante quanto selecionar a medida espacial, é selecionar a escala na qual esta será aferida. Conforme já fora mencionado, Teklenburg (1992) atesta que a dimensão local é mais eficiente na captação de movimentos de agentes urbanos, pois segundo o autor, seria na micro-escala que as informações espaciais seriam melhor captadas. O objetivo é o de identificar pioneiramente os picos locais de integração, potencialmente aptos a desenvolverem um comportamento atrator, para a partir destes modelar a superestrutura topológica urbana que convencionamos chamar de zona multicentral. Logo, o processo de integração estará voltado para a detecção destes potenciais, trabalhando com raio de profundidade¹⁷ na ordem de R3. Para Krafta, *et al* (2005; p 07), R3 “parece ser o preferencial para medidas locais”.

Para o segundo dispositivo, a idéia é simular a compressão espacial através dos processos percolativos, também conhecidos como formação de núcleos, o qual significa a representação de várias unidades por uma única. Para Krafta, *et al* (2005; p 05), “a compressão espacial é um passo a frente na representação interna da cidade, vindo após a diferenciação espacial., no sentido de que esta faz com que vários pedaços de espaço sejam representados como um único”. Após a diferenciação espacial, representada no primeiro passo através da aplicação da medida de integração, destacam-se os pontos mais bem colocados no ranking de acessibilidade local. Isto equivaleria às equações probabilísticas utilizadas em apurações mais exatas de percolação, estudadas

¹⁷ O raio de profundidade define a quantidade máxima de passos, a partir de determinado ponto, a serem considerados para o cálculo de integração. Somente os espaços que estiverem dentro deste universo estarão incluídos no cálculo da Assimetria Relativa. Um raio de profundidade pequeno (R3, R4, R5...) significa uma análise de caráter localizado, sendo que R 3 parece ser o índice mais consagrado para medidas locais. Já um raio de profundidade infinita (Rn), significa uma análise onde a posição relativa de todas as linhas estarão presentes no cálculo de integração, pressupondo uma análise de caráter global.

diretamente pela matemática e pela física. Por acreditarmos que o objetivo do exercício está em validar uma rotina de procedimentos baseado em conceitos, não nos estenderemos a este ponto. A partir disto, os pontos adjacentes aos dos núcleos, e escolhidos pela sua boa colocação no ranking de acessibilidade local, serão conectados ao ponto principal deste, através de ligações remotas, as quais serão chamadas de *superlinks*, conforme sugerido em Krafta, *et al* (2005). Tais ligações representam por elas próprias a compressão espacial, dando a entender que um determinado pedaço de espaço é entendido como parte ou extensão de um centro espacial, cujo ponto referencial é o que dá origem a este, ou seja, o próprio ponto semente. Pode igualmente significar que a influência de determinado ponto, o ponto semente, estende-se naquele momento, até o ponto recém coligado ao centro e com o menor valor relativo de integração local que os demais integrantes deste mesmo centro.

A partir da primeira percolação, que acontece com todos os pontos - sementes e suas adjacências distantes a dois passos destes, temos a formação pioneira dos primeiros centros locais. Tal procedimento inaugura a formação de uma rede que funcionaria disfarçada dentro do sistema urbano, aproximando entre si os picos de integração da malha, constituindo uma estrutura estável e hierarquizante. Para Krafta, *et al* (2005; p 06), “o uso de *superlinks* tem resultado na formação de robustos centros que se expandem todo o tempo, e apesar da emergência de novos centros locais, nunca perdem suas dominâncias”.

Já o terceiro passo parece ser o mais simples de todos, mas também é o que dá mais sentido à idéia de modelagem dinâmica. Este passo é a *Iteração*. Entendemos por *Iteração* a simples repetição dos dois passos anteriores (o cálculo de acessibilidade R3 e as ligações remotas via *superlinks*), a partir do novo panorama de conexões da rede urbana formada no último procedimento. Desta forma, assumimos que todas as percolações acontecem em paralelo na trama urbana, em tempos considerados discretos.

Ao introduzir a noção de tempos discretos de modelagem, a *iteração* consolida uma idéia básica de causa e efeito no sistema, fundamental para uma

análise evolucionar, por não desprezar as instâncias topológicas emergentes em tempos progressos. Da mesma forma, permite a emergência de classificação hierárquica estável, chave para se entender a lógica configuracional.

O modelo seguirá sendo operado através da sistemática recursiva de diferenciação e compressão. Conforme já fora adiantado, as iterações serão efetuadas até o momento em que o sistema acusar um ponto crítico, ou seja, a obtenção de um sistema otimizado. De forma prática, isto significa que para um determinado estado da evolução, os centros locais vão sendo modelados até o ponto em que a maioria destes termine por efetuar algumas poucas ligações que levam a uma unificação de centros, formando com isso uma zona multicentral, com características de intercessibilidade. Em última análise, criando o também já mencionado comportamento de rede do tipo Small Worlds.

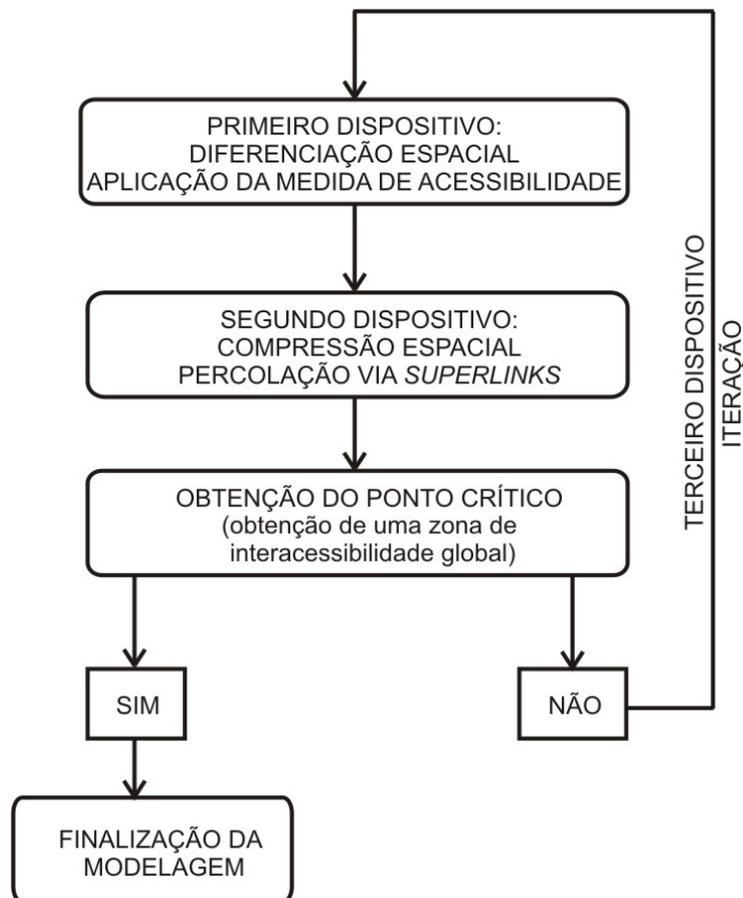


Fig 19: Diagrama de definições de modelagem.

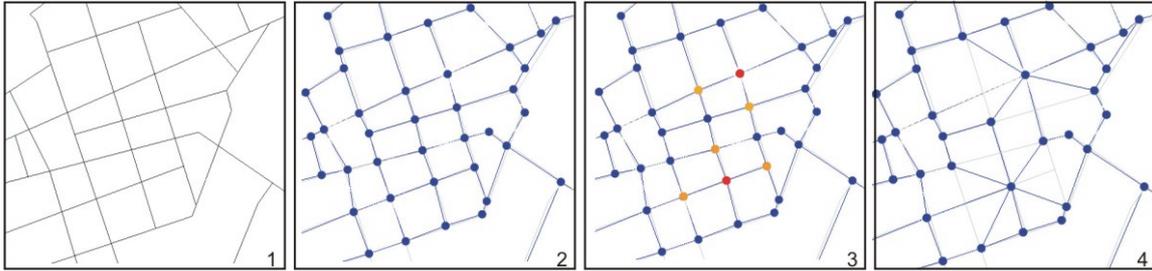


Fig 20: exemplificação da rotina de procedimentos: A partir do mapa axial (1), discretizamos os espaços (2) como sendo as intersecções de ruas; e as ligações como sendo os trechos entre elas - representação Dual. Em seguida, executamos o Primeiro Procedimento para diferenciação espacial (3) e o Segundo Procedimento para compressão espacial (4).

Através deste método seria possível estabelecer um elo de ligação permanente entre os centros globais observados em ambiente real e aqueles detectados através de análises topológicas. Isto seria baseado na premissa de recuperar e representar instâncias hierárquicas progressas e adotá-las sempre como ponto de partida para um estudo evolutivo.

Antes de partirmos para a parte prática, precisamos expor a técnica de *demonstração gráfica* da aplicação.

4.3 DEMONSTRAÇÃO GRÁFICA DO MODELO

Durante as experimentações, a rotina de procedimentos causa deformidades na estrutura urbana conhecida. Isto se deve à constante retirada de pontos e ligações que acabam por deformar a estrutura urbana vigente (ver figura 20). Por isso, temos que adaptar alguma ferramenta de demonstração gráfica ao modelo para facilitar a apresentação dos resultados. Escolhemos mostrar os resultados como a evolução do núcleo de acessibilidade R3 dentro do sistema. Isto se dá localizando o ponto-semente inicial, e a partir dele ir localizando com um gradiente de cores – das mais quentes para as mais frias – desde os pontos já percolados em iterações de mapas anteriores até os pontos percolados na mesma iteração em que se obtém o ponto crítico. Para enfatizar este quadro, cobrimos estes pontos com uma mancha colorida e com um certo grau de transparência, de modo que as iterações venham se sobrepondo e formando uma imagem de rápi da compreensão do andamento do exercício. De certa forma, se resgatarmos as

intenções primordiais das teorias de Percolação, este conjunto de manchas representaria o “fluido” acessibilidade R3 penetrando pelos espaços considerados ‘abertos’ do sistema.

4.4 EXPERIMENTAÇÕES PRÉVIAS

Uma vez tendo montado teoricamente e metodologicamente o funcionamento do modelo, passaremos agora à fase de validação empírica deste. A idéia é gerar alguns sistemas espaciais hipotéticos e acompanhar seu desenvolvimento, esperando sempre que os resultados finais estejam de acordo com o que fora delineado anteriormente. Para tanto, os sistemas espaciais possuirão a mesma representação e um mesmo raio de integração inicialmente pensado para o cálculo da acessibilidade do sistema. A primeira será a representação Dual (Batty, 2004a), e o segundo, R3, o raio classicamente usado em experimentos em nível local. Isto não invalida, porém, calibrações e correções de curso futuras. Caso seja preciso, usaremos eventualmente outros raios de integração, dependendo do objetivo ao qual se deseja alcançar. O sistema será rodado até a obtenção de um ponto crítico, nos moldes anteriormente pensados.

4.4.1 PRIMEIRO TESTE DE VALIDAÇÃO DO MODELO: FORMAÇÃO DE NÚCLEOS DE INTEGRAÇÃO ESTÁVEIS

Este primeiro teste, apesar de básico, é fundamental para testar o objetivo primordial do modelo, que é sua capacidade de formar núcleos topológicos estáveis.

O experimento buscará simular o processo de formação de centros de integração conforme o que se observa na realidade (estados urbanos com tendência a crescimento territorial). Para tanto, tomaremos um sistema urbano hipotético, analisado em dois momentos, um inicial e um final. Neste último, novos espaços teriam sido adicionados aleatoriamente ao longo do tempo, exemplificando o fenômeno de crescimento urbano. O que se pretende analisar

neste caso é como se comportará o centro deste sistema a partir do momento que é detectado. Esperamos que este reproduza o comportamento de centros reais, crescendo ou, no mínimo, mantendo seus limites originais. Topologicamente, pretendemos confirmar a idéia de núcleos estáveis organizados unicamente devido a suas condições locais de integração.

O exemplo foi construído de modo a validar a rotina de modelagem composta por três procedimentos mencionados anteriormente: o primeiro será a **Identificação topológica dos espaços localmente mais integrados**, aqui chamada de Diferenciação Espacial, obtida através de medida de integração (Acessibilidade) com Raio Local (neste caso R5, para melhor distinção de valores). O que se pretende com este procedimento é localizar os pontos - semente, os espaços potencialmente candidatos a concentrarem um núcleo de interacessibilidade.

O segundo procedimento será a **Soldagem dos pontos adjacentes mais bem hierarquizados**, por intermédio da Compressão Espacial via Percolação (através da substituição dos pontos destacáveis por um ponto só, coligado com as antigas ligações dos referidos pontos notáveis – os *superlinks*). O objetivo deste procedimento é simular a distribuição de valores de integração a partir de um ponto gerador.

O terceiro e último procedimento é a **Passagem do Tempo**, por iteração, isto é, a consolidação das alterações anteriores, feitas em tempos discretos, configurando um novo padrão de organização a ser processado novamente. O objetivo deste procedimento é registrar as alterações anteriormente captadas pela rotina de aplicações.

Não estaremos neste momento trabalhando com a idéia de Ponto Crítico, pois a preocupação deste teste, já mencionada anteriormente, é mais modesta.

Abaixo expomos o sistema a ser modelado e o procedimento primeiro de diferenciação espacial.

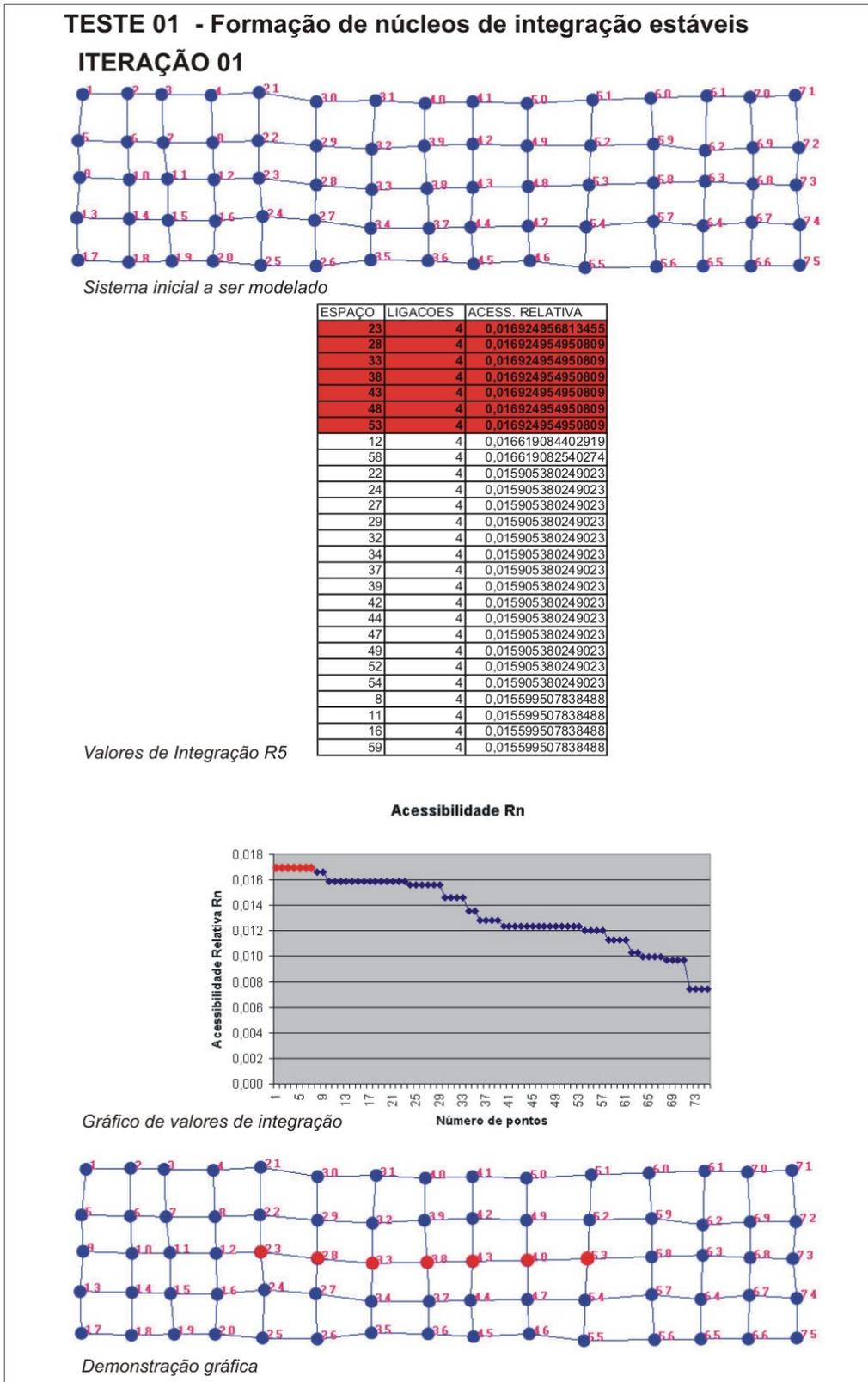


Fig. 21: Quadro 01: início da modelagem teste 01.

O que o quadro 01 mostra é a formação de núcleos da seguinte maneira: a partir do sistema original de 57 espaços, extraem-se os valores de acessibilidade R5. Tais valores comparados em um gráfico produzem uma série de patamares de integração, provocados em parte pela regularidade do sistema, pela pequena quantidade de espaços deste, bem menor do que os de cidades, e também pelo raio de integração ser local. Para minimizar este efeito, o raio adotado foi de profundidade 5, uma versão ainda de caráter local, mas que analisa mais espaços entre si. Como mostra o primeiro gráfico, destacou-se o primeiro patamar de espaços (Procedimento #1 – diferenciação espacial via medida de integração), formados pelos pontos mais centrais do sistema (23, 18, 33, 38, 43, 48, 53). Em seguida, já no sistema urbano com espaços adicionados, estes pontos são substituídos por um outro ponto (ponto 76) e suas ligações são efetuadas aos pontos anteriormente ligados aos pontos substituídos (Procedimento #2 – compressão espacial via percolação). Depois, roda-se o sistema final (Procedimento #3 – passagem do tempo via iteração). Após analisar os valores de integração no gráfico daí advindo, escolhe-se os novos pontos notáveis. Neste caso, percebemos um ponto isolado, com os maiores valores de integração, que é o próprio ponto 76, representando os antigos pontos destacados. Logo a seguir, percebemos mais três pontos notáveis (12, 52, 58). Estes serão agregados ao núcleo, configurando, mais do que a manutenção do centro local, que neste caso também é global, um aumento na extensão de seus domínios, o que vai de encontro com o que o estudo supunha num primeiro momento. No último quadro, temos uma demonstração gráfica, que se mostra mais didática, para interpretar os resultados advindos da modelagem. A mancha de acessibilidade, na cor avermelhada, representa o núcleo de integração formado pelos espaços destacados em vermelho presentes no sistema inicial. Tanto a mancha quanto os pontos são reproduzidos no sistema final, onde também são agregados os novos pontos com picos de integração (na cor alaranjada). Uma nova mancha avermelhada reforça os pontos obtidos anteriormente, além de envolver os novos pontos. Como resultado final da simulação, o que temos é a formação de uma zona de interacessibilidade, onde todos os pontos envolvidos pela mancha

representativa, estariam separados entre si por distâncias topológicas pequenas (dois passos de profundidade, em média). Também poderíamos chamar isso como a emergência de um segmento de rede com características de Small World, mesmo que incipiente.

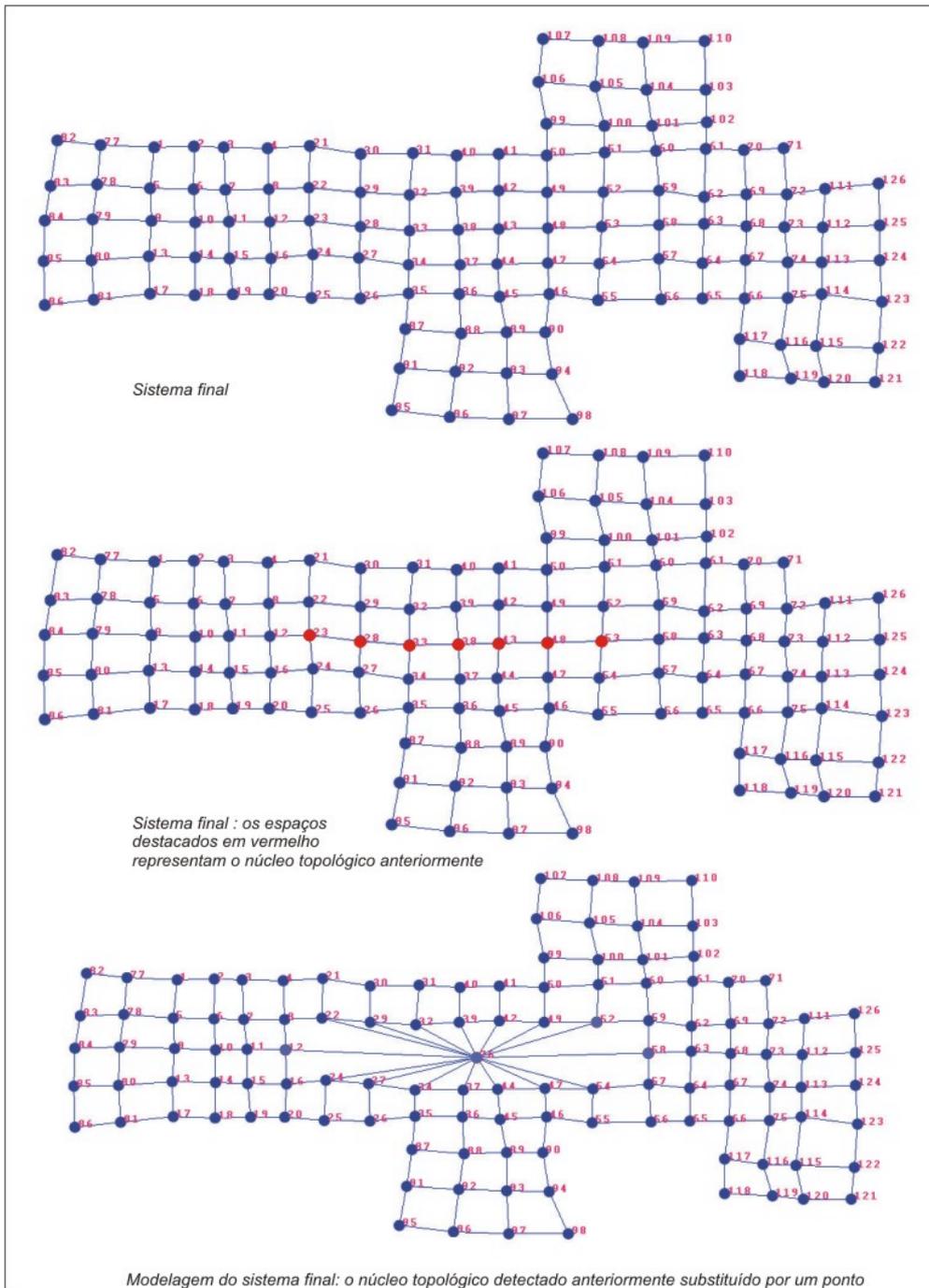


Fig. 22: Quadro 02: sistema final, com as inserções espaciais.

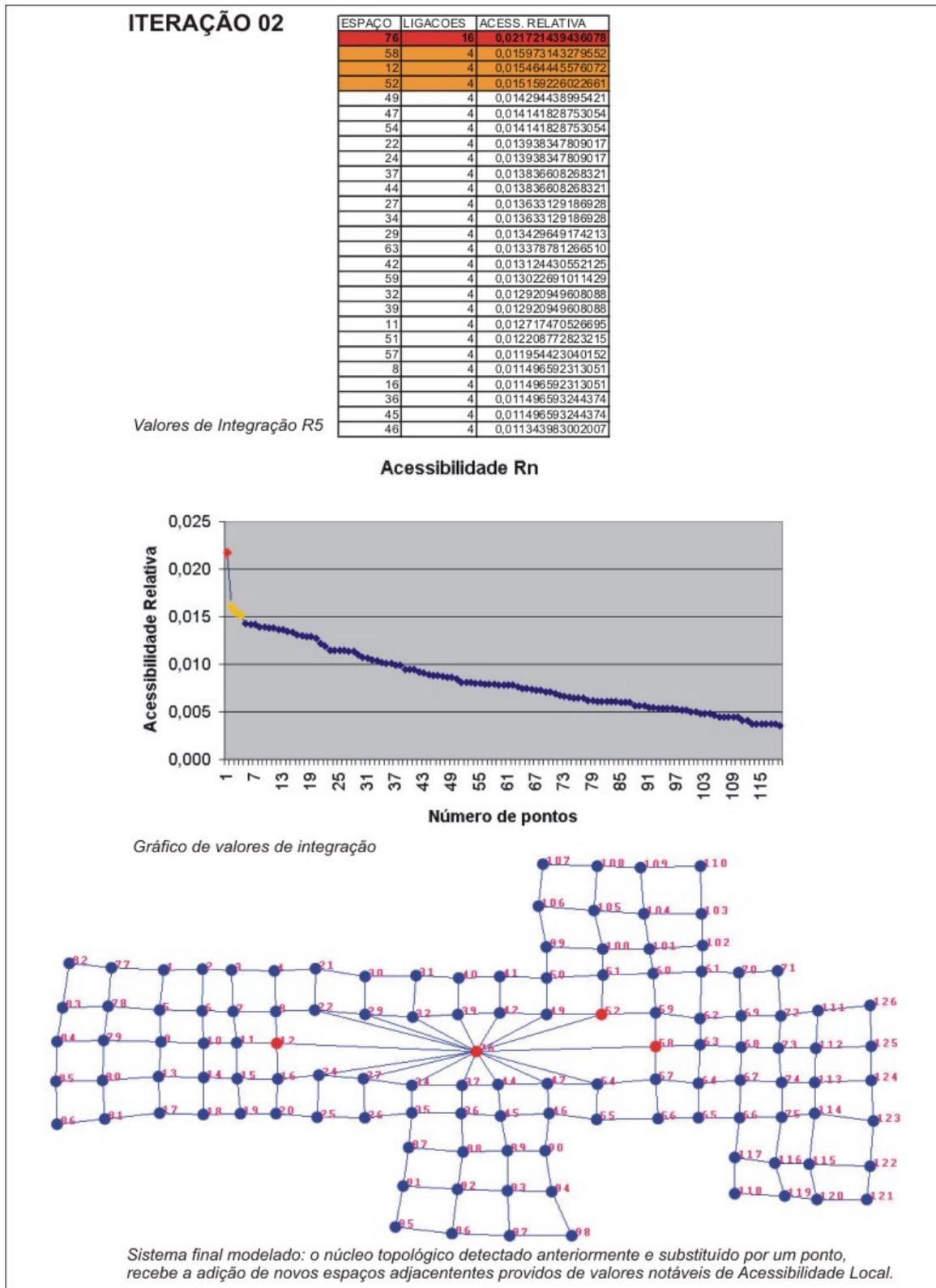


Fig. 23: Quadro 03: consolidação do núcleo urbano, com perspectiva de crescimento.

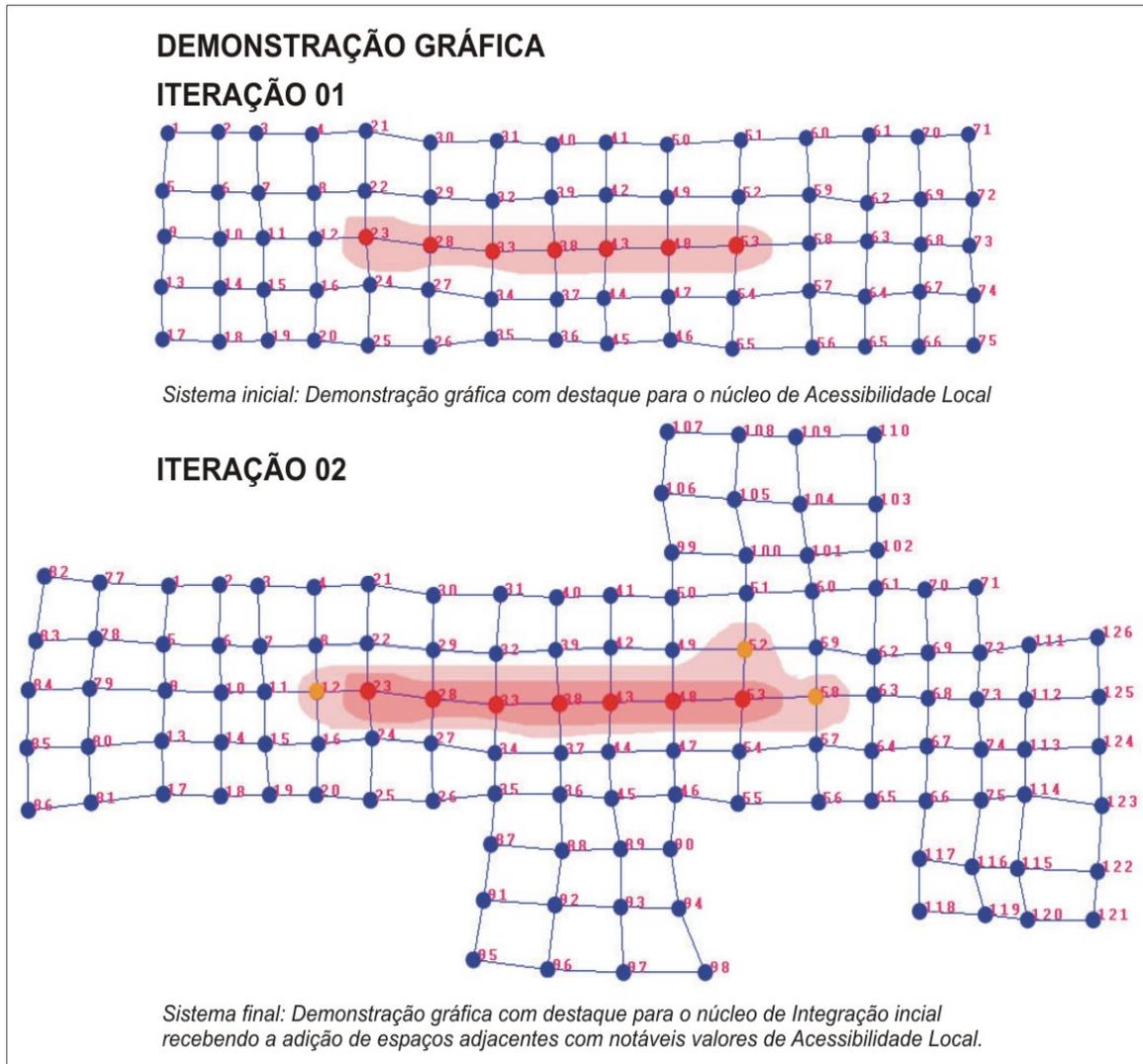


Fig. 24: Quadro 04: estratégia de simulação gráfica dos resultados da modelagem.

Ainda não teríamos, no entanto, a criação de uma zona multicentral, pois o processo envolve apenas um núcleo de integração bem definido ao redor de um ponto-semente. Isto pode estar associado à baixa diferenciação da trama conectada, além do sistema ser relativamente pequeno. Assim, faz -se necessário a implementação de um novo experimento, a partir de uma rede mais complexa, para se verificar com maior certeza o processo de formação de centros, num primeiro momento, de zonas multicentrais num segundo e, por conseqüência, uma drástica redução de distâncias entre os espaços, reproduzindo com maior fidelidade um comportamento do tipo Small Worlds. Vamos em busca de uma

hierarquização em macro-escala, a partir das relações de conectividade em micro-escala. Vamos em busca da unificação de escalas.

4.5.2 SEGUNDO TESTE DE VALIDAÇÃO: VERIFICAÇÃO DE AMBIENTES SMALL WORLDS EM SISTEMA URBANO

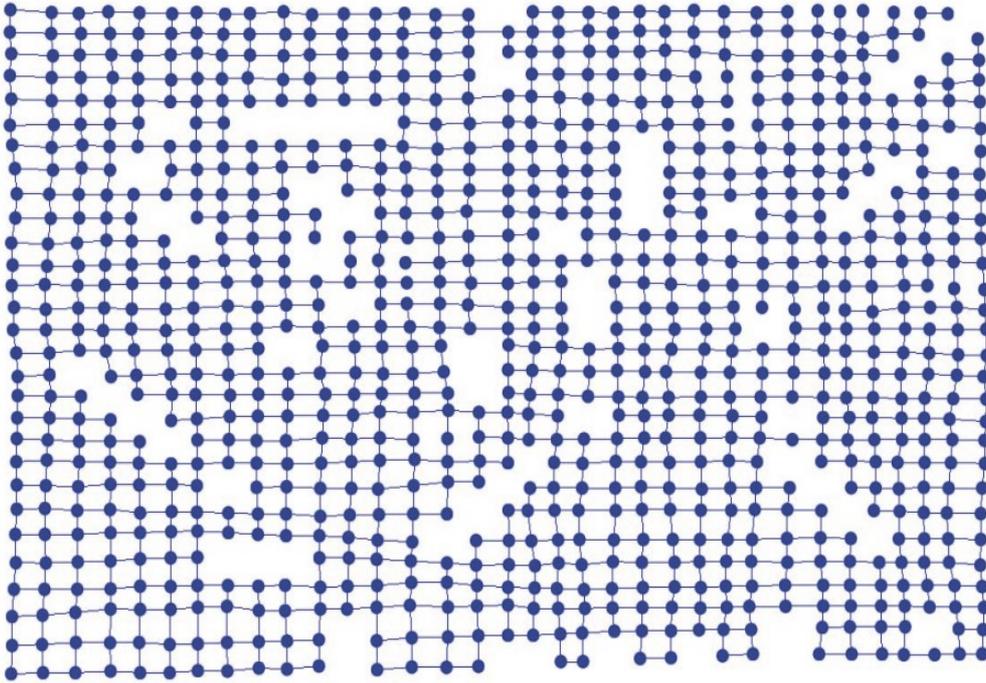
O objetivo deste exercício é tentar reproduzir a tendência de redução de distâncias topológicas entre os vértices do sistema, através da simulação do processo de formação de zonas centrais e multicentrais.

Admitindo-se uma condição de êxito em detectar e manter estruturas estáveis como os centros locais, objeto de exame do teste anterior, pretendemos narrar agora a trajetória de uma transição de escalas, de local para global, partindo das relações locais de conectividade que levam à diferenciação natural de seus elementos. Disfarçado nisso, está o objetivo de reproduzir empiricamente a evolução temporal de um sistema em rede do tipo Small Worlds. Esperamos que o sistema descreva uma movimentação interna na qual os espaços mais bem ranqueados no quadro de acessibilidade local venham a se converter em núcleos de integração a partir da anexação dos espaços adjacentes potencialmente propensos a tal (os espaços mais bem hierarquizados no quadro de acessibilidade, logo abaixo dos pontos-sementes).

Este será o momento de avaliar as condições que levariam um sistema urbano a produzir uma estrutura globalmente hierarquizada, composta de núcleos de integração articulados por vias preferenciais de movimentação. Ao se atingir tal estado, entenderemos que o sistema terá passado por um Ponto Crítico de reorganização interna, levando o mesmo a possuir espaços catalisadores da movimentação urbana.

Abaixo expomos o sistema a ser modelado.

TESTE 02 - VERIFICAÇÃO COMPORTAMENTO SMALL WORLDS



Sistema urbano proposto: malha ortogonal com algumas irregularidades e um total de 922 espaços.

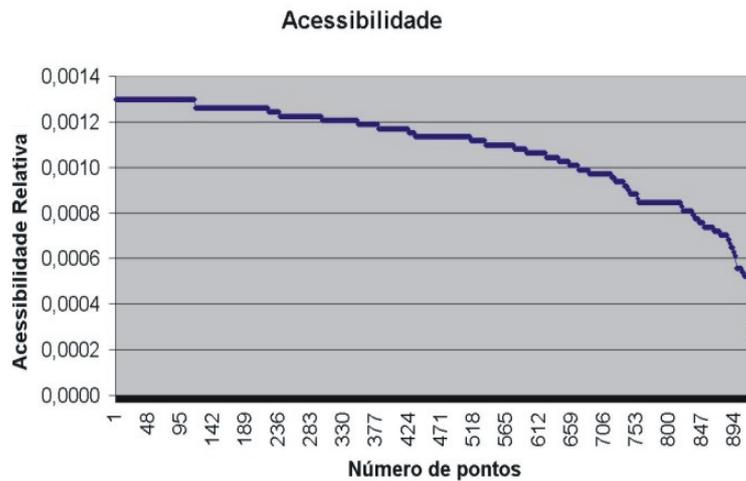


Gráfico de valores de Acessibilidade do sistema urbano acima

Fig. 25: Quadro 05: apresentação do sistema urbano a ser modelado para o Teste 02.

Desta forma, foi proposto um sistema genérico, com representação Dual, onde as intersecções são os espaços (ou pontos) e os trechos entre eles são as ligações. O sistema possui 922 membros dispostos em rede ortogonal regular, com alguns hiatos ou barreiras entre a trama, colocados com a estratégia de distribuir melhor os índices locais de integração. O exercício utilizou a medida de Acessibilidade com raio de integração local.

A idéia pode ser basicamente encarada como uma continuidade natural do primeiro teste, com a diferença de que o sistema estudado é significativamente maior e que não há adições a este. Os procedimentos de simulação permanecem os mesmos: Para a primeira iteração, roda-se o sistema tal como ele nos é apresentado e a partir disso selecionam-se os espaços que possuem os maiores valores de integração. Estabelecemos um patamar inicial de 10% dos pontos do sistema a serem considerados notáveis e passíveis de percolação. Este percentual pode, no entanto, sofrer algumas modificações devido principalmente às modestas dimensões da rede, a qual muitas vezes possui vários pontos com índices idênticos de integração. Através da percolação, os pontos que possuem relação de adjacência entre si, e que estariam naturalmente dentro de um mesmo patamar de valores, são substituídos por um único ponto representando um núcleo, que se liga com os pontos que anteriormente se coligavam com os pontos mais periféricos deste núcleo. Os pontos -mente que estiverem totalmente isolados, ou seja, sem possuir em sua vizinhança nenhum membro notável, permanecerão intactos.

As demais iterações vão sendo aplicadas sobre a base pregressa, conforme os procedimentos percolativos, até a obtenção de um ponto crítico, isto é, o momento em que os centros, após experimentar um crescimento condicionado pelos melhores valores de acessibilidade, unificam-se, reduzindo drasticamente as distâncias entre todos os pontos do sistema, significando a obtenção de um sistema de distâncias otimizadas, a própria transição de fases e também de escalas, resumida no surgimento de uma zona multicentral de interacessibilidade.

O que vemos na primeira iteração é a detecção de núcleos de integração isolados, ocupando todos os quadrantes do sistema. Não foram detectados outros núcleos após a rodada, o que nos permite dizer por hora que a primeira iteração tende a ser a principal fonte de detecção de novos centros locais (o que já havia acontecido num sistema menor, no teste anterior, e que agora parece se confirmar).

Curiosamente, as iterações subseqüentes corroboram para uma alteração no panorama do sistema que dificilmente seria prevista: a diferenciação hierárquica de alguns centros em detrimento de outros. Mais precisamente, os centros ao sul tenderam a concentrar os maiores valores de integração, estendendo continuamente seus pesos aos espaços adjacentes a cada rodada. Assim, a maioria dos centros localizados ao sul do sistema terminam por se unificarem, formando o que podemos chamar de centro global do sistema. Igualmente, podemos chamá-lo de multicentro local com rotas preferenciais de ligação, zona de interacessibilidade ou mesmo “Centro vivo”. Temos como Ponto Crítico da modelagem a obtenção deste estado. Isto se deve ao fato de que tal estrutura é alcançada logo depois de poucas iterações – três, no total.

O que parece ser mais relevante para o caso estudado é a confirmação da formulação básica de Barabasi & Albert (1999), a qual menciona que a tendência de redes randômicas é a de haver muitos pontos com poucas ligações e poucos pontos com muitas. Este fenômeno também é conhecido como *the rich gets richer* (o rico fica mais rico). Seguindo uma regra pré-estabelecida (no caso, preferências de conectividade), poucos espaços polarizam os valores de integração e deformam a seu favor o fluxo de acessibilidade local dentro do sistema. A seguir, o desenvolvimento do teste.

Abaixo temos o histórico da rotina de procedimentos e a demonstração gráfica dos resultados, a qual vem se tornando bastante necessária para a interpretação dos dados da aplicação do modelo.

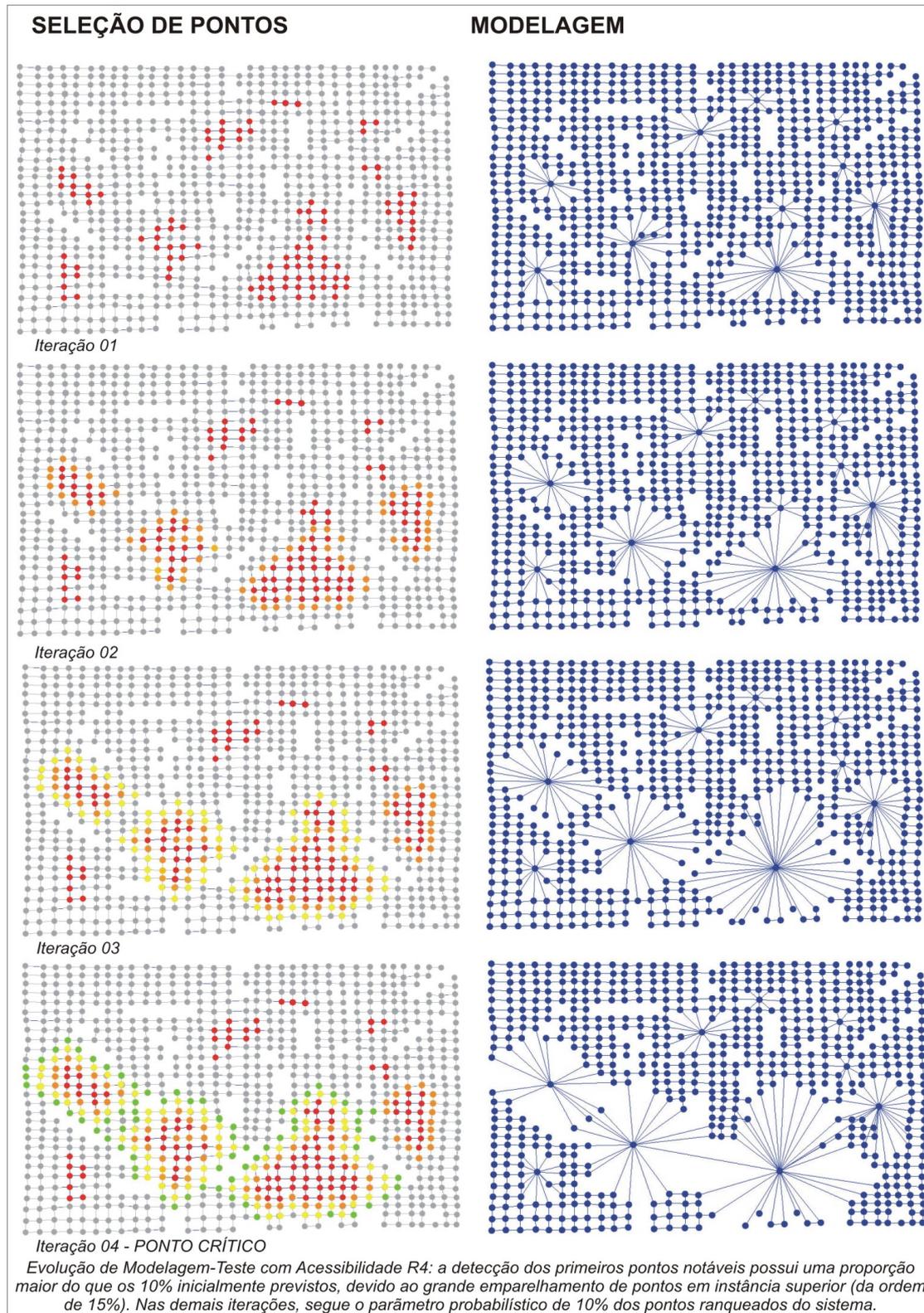


Fig. 26: Quadro 06: o processo de modelagem do Teste 03.

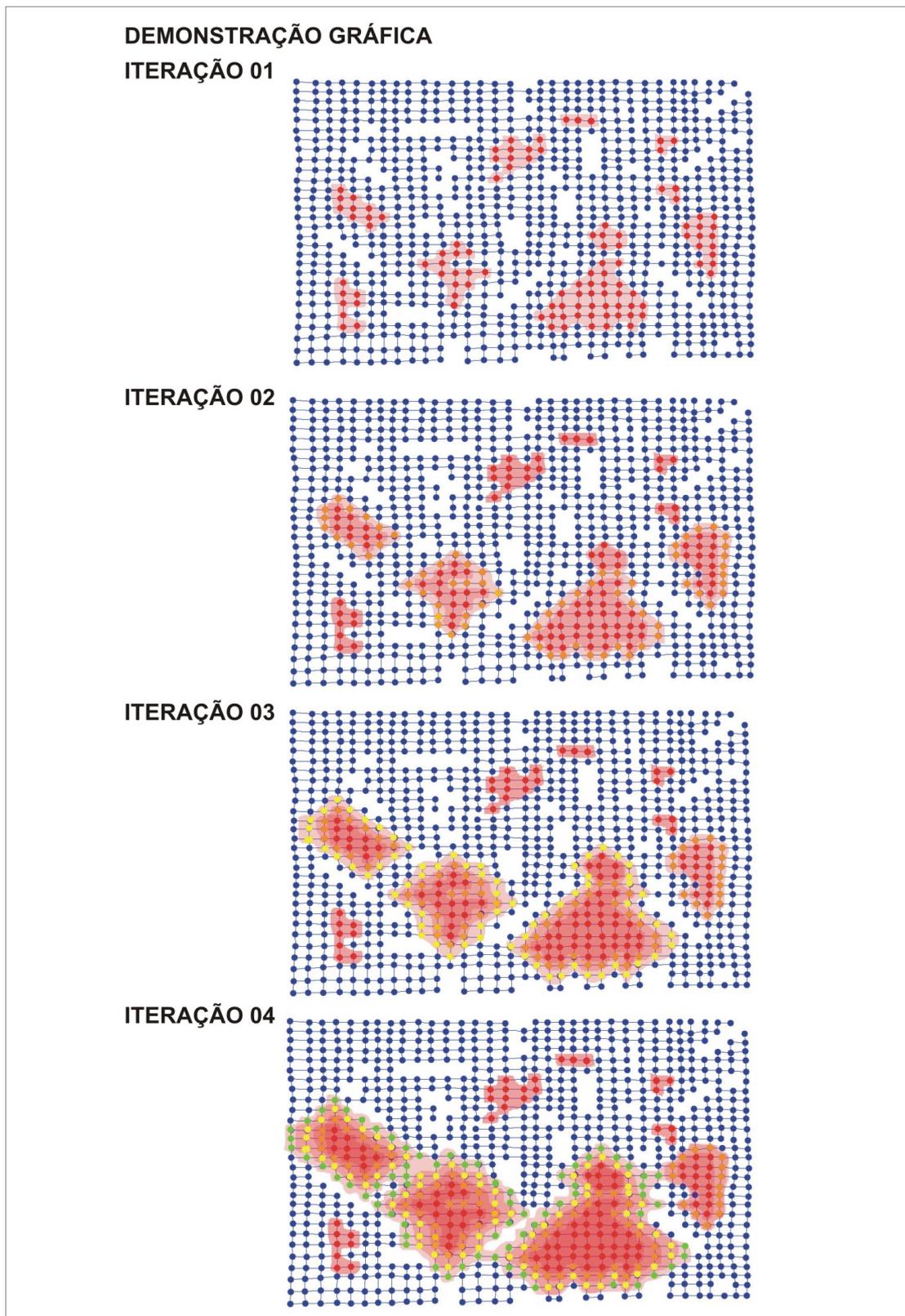


Fig. 27: Quadro 07: estratégia de simulação gráfica dos resultados da modelagem.

Como conclusões prévias, tiradas a partir do experimento, podemos observar que a transição de escalas e a hierarquização topológica de sistemas complexos não parece ser tão difícil de ser observada, visto que o estágio crítico foi atingido depois de poucas iterações, menos do que poderia parecer o senso comum. Suas consequências no entanto são bastante poderosas, na medida em que estas poucas iterações levam não somente à formação de zonas multicentrais, mas também a um mapeamento hierárquico bastante confiável do sistema em questão, por estar baseado unicamente em valores relativos de integração obtidos a nível local, isto é, em termos de relações de conexão em micro-escala.

Caso analisemos o sistema conectado sob o ponto de vista espacial, temos também indícios prévios de confirmação de algumas hipóteses do estudo: os núcleos locais são originados da aplicação de medidas de acessibilidade, o que significa que são espaços com maior potencialidade de atração de fluxos. Dentro deste ambiente de interacessibilidade global, qualquer “fluido” (agentes espaciais em movimento, por exemplo) que penetrar em seus domínios têm seu raio de abrangência topologicamente potencializado para todas as partes do sistema em função da sintetização de escalas e espaços. Poucos passos separam este “fluido” do restante do sistema e, menos ainda, dos espaços pertencentes à zona de interacessibilidade. Os caminhos que ligam os núcleos de integração entre si ou em relação à malha não diferenciada passam a ser encarados como rotas principais de deslocamento. Isso explica em parte o isolamento de alguns núcleos do sistema e a não necessidade de se propor mais iterações, pois antes de fazê-la, a cidade já possuiria um roteiro de espaços e caminhos estratégicos previamente configurado. Estes núcleos isolados, da forma como a simulação nos oferece, fazem menção a certos espaços urbanos que possuem uma influência local bastante sedimentada, muito embora estes centros ainda estariam topologicamente inferiorizados em relação à zona multicentral local/global, montando uma noção de hierarquia intraurbana.

A partir do encerramento deste experimento, consideramos finalizada a exposição metodológica, partindo agora para o estudo de caso.

5. ESTUDO DE CASO

Este capítulo versará, na verdade, sobre um terceiro teste de validação do modelo. Podemos considera-lo assim, dada a ainda limitada aplicação deste, restrita basicamente a este trabalho. O fato é que este terceiro exemplo tem por objetivo maior a comprovação das hipóteses do estudo em sua plenitude, ao avaliar extensivamente o desempenho de um modelo de redes como simulador da formação e evolução de centros urbanos. Antes, é interessante ressaltar que o objetivo desta modelagem está no esforço em se criar um elo claro, preciso e sólido entre os centros urbanos reais, observados na prática, e os centros topológicos, obtidos através de experimentos computacionais. Também é interessante lembrar que a tendência dos centros reais é a de se consolidar em uma determinada zona da cidade e a partir desta, estender seus domínios através da influência que exerce sobre o restante da cidade, através dos padrões convergentes de fluxos de movimentação, a acumulação construtiva e a identidade global gerada a partir disto. Em contrapartida, os centros topológicos tendem a acompanhar a evolução da malha urbana, mantendo pouca relação com estados anteriores. Desta forma, o que pretendemos com este estudo de caso, ou terceiro exemplo, como já fora atestado, é produzir uma simulação que possa exitosamente impedir o descolamento destes dois centros durante o processo evolutivo de formação de centros, permitindo com que haja maior similaridade entre ambos.

Para poder investigar isso em sua plenitude, selecionamos a cidade de Porto Alegre, Brasil, situada nas margens à leste do Rio Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul. A escolha se dá por ser esta uma metrópole que, a despeito de seus “poucos” anos de vida (pouco mais de duzentos anos desde suas primeiras ocupações espontâneas), tem experimentado crescimentos massivos e descontínuos, vindo a produzir uma paisagem bastante heterogênea e contar, hoje em dia, com uma grande extensão territorial, cerca de um milhão e meio de habitantes, e receber diariamente uma grande soma de pessoas de cidades próximas em movimentos tidos como pendulares.

Seu grande diferencial, no entanto, são as restrições geográficas ao crescimento, as quais fizeram a cidade crescer afastando-se das margens do rio. Seu centro histórico, entretanto, continuou próximo à península inicialmente ocupada e, num ritmo menos frenético que o de sua ocupação territorial, também foi estendendo seu peso e influência para o interior da cidade.

É de extrema importância salientar que o exercício será feito sobre uma base de dados composta por diferentes estados de crescimento da cidade, cujos intervalos não são constantes, o que significa dizer que trabalharemos com uma quantidade limitada de informação. Intervalos de tempo muito espaçados podem comprometer a captação do processo evolutivo dos núcleos de integração. O ideal seria trabalhar com ciclos periódicos de tempo, curtos o suficiente para produzir uma análise seqüencial mais bem conduzida.

De qualquer forma, o presente capítulo pretende fazer a descrição deste processo através da análise de seis mapas de Porto Alegre, obtidos nos anos de 1839, 1888, 1919, 1935, 1968 e 2000, perfazendo intervalos médios de 32 anos entre os mapas. A exemplo dos testes anteriores, os mapas foram transformados em uma rede conectada referenciada como uma representação do tipo Dual (pontos como espaços, trechos como ligações). O exercício mantém a mesma rotina de diferenciação por medida local de integração R3 (neste caso Acessibilidade), compressão espacial por probabilidades (percolação) e passagem do tempo (via iteração, onde todas as modificações acontecem em paralelo). É interessante discorrer sobre como se dará o processo de percolação durante a simulação: durante a maturação deste exercício, observamos que os centros globais se formavam a partir da aglutinação de 10% a 15% dos pontos mais bem colocados no ranking de acessibilidade relativa. Assim, para conduzir o presente estudo, selecionaremos os 12% de pontos mais representativos do sistema. Nesta proporção, encontramos os pontos sementes e os pontos a serem percolados. As simulações dentro de um mesmo mapa ou ano se sucedem até a obtenção de um ponto crítico. Também durante o período de especulações acerca do modelo, algumas adequações tiveram de ser feitas. A idéia inicial era a de formar um centro global a partir da unificação dos vários centros locais do sistema. Muitas vezes, porém, o crescimento exagerado da malha contribuiu

para o surgimento de centros muito afastados, os quais impossibilitavam a formação de um centro único, sem este absorver uma série de pontos “não-notáveis”, isto é, detentores de módicos valores de Acessibilidade R3. Desta forma, a tolerância criada foi a de estabelecer como ponto crítico a formação de um centro global composto de uma maioria de centros locais. Os demais centros que não puderem ser inseridos no centro global contarão dentro da macro estrutura urbana como centros de influência local, podendo através da combinação com outros centros locais formarem estruturas de influência regional, podendo eventualmente virem a rivalizar com o centro histórico urbano. Através dessa adequação empírica, a idéia é conseguir simular de maneira eficiente a formação de centros urbanos, sinalizado pela junção da maioria dos centros locais em um centro global, já caracterizado anteriormente como zona multicentral, de interacessibilidade, representando a emergência de hierarquias topológicas e de um comportamento do tipo Small World, cuja conseqüência é a transição entre escalas, simbolizada pela dramática redução de distâncias topológicas médias. Alcançado tal patamar, cessamos a modelagem do mapa em análise e transferimos o novo estado de conexões para o próximo mapa, reiniciando a aplicação. Isto será feito partindo-se do primeiro mapa, do ano de 1839, passando por todos os demais até chegarmos ao mapa do ano 2000.

A aplicação será representada por uma composição de pontos de diferentes cores (variando dos tons quentes para os tons frios) – simbolizando os diferentes tempos em que os pontos são comprimidos, e manchas – simbolizando a gradual extensão dos pesos dos pontos-sementes, para expor os resultados desta. Tal decisão fora tomada para fins de clareza de entendimento dos resultados, uma vez que as rotinas de procedimentos propriamente ditas seguidamente produzem distorções espaciais provocadas pela intensa substituição de pontos e aumento de ligações remotas, muitas vezes dificultando uma análise final. A composição acima, a partir de seu desenvolvimento, poderá auxiliar decisivamente na montagem de uma narrativa lógica do fenômeno de formação de centros urbanos. Isto será possível devido não apenas à possibilidade de detecção de “pedaços de espaço” urbano naturalmente diferenciáveis, mas sobretudo à possibilidade de se acompanhar

o prosseguimento desta diferenciação. Ao efetuarmos a análise dos resultados, veremos que isto pode significar um ponto de partida importante para o estudo de vários fenômenos configuracionais urbanos.

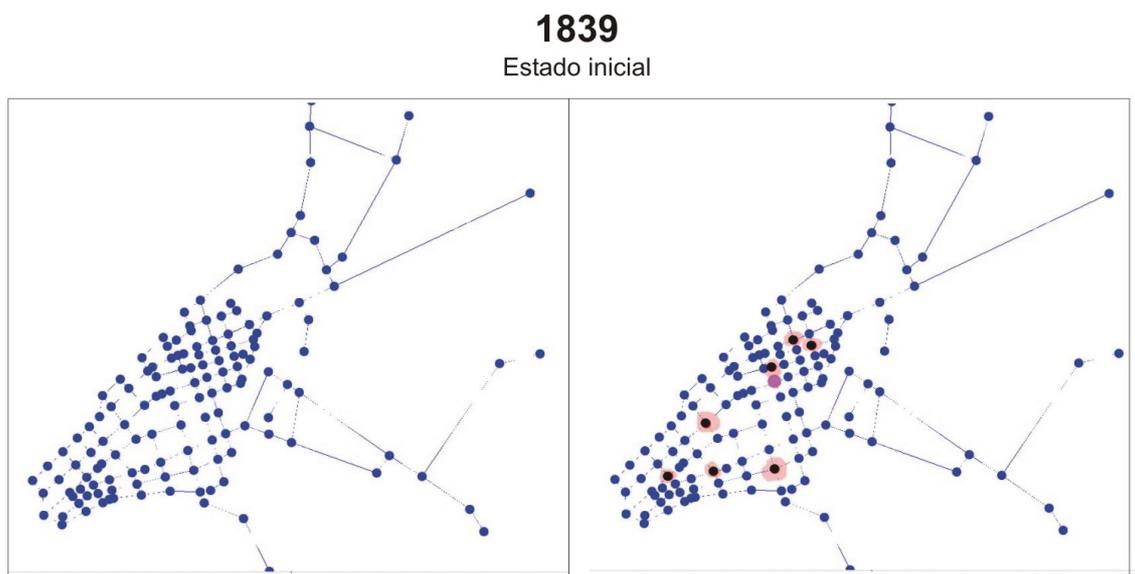


Fig 28: Estado inicial de Porto Alegre para o ano de 1839: à esquerda, o mapa propriamente dito. À direita, mapa já com o procedimento de diferenciação espacial completado. Em preto, os pontos-sementes. Em roxo, o centro global de integração.

A aplicação inicia com a identificação dos pontos-semente iniciais. Estes são os primeiros pontos topologicamente acessíveis do sistema. O centro global encontra-se cercado por eles. O que temos, basicamente, é o esqueleto pré-estruturado de dois multicentros locais. Também neste primeiro momento, o espaço que representa o centro global está totalmente integrado aos centros locais, o que não chega a surpreender, pelo fato do sistema ser ainda pequeno e coeso, com apenas duas tendências de crescimento, nordeste e sudeste. Ao iniciarmos a rotina de procedimentos, eles emergem naturalmente. Num segundo momento da aplicação, os pontos-semente reduzem-se ao número de três, sendo um no multicentro esquerdo e dois no restante. Já se insinua a tendência de unificação entre eles, fato que é consumado já na terceira iteração, quando temos com isso, um estado de *cut off*, formando-se assim, o primeiro multicentro local/global com características de Small Worlds de Porto Alegre. Pensamos que a estrutura urbana observada nos próximos mapas terá como raiz essa organização prévia e que os demais centros globais tenham em sua constituição estes pedaços de espaços já percolados. Outra curiosidade está em saber como se comportará o crescimento urbano e os centros locais originados pela evolução da malha. Abaixo temos a descrição do processo de

formação destes primeiros centros locais e sua transformação em zona de intercessibilidade global.

Modelagem

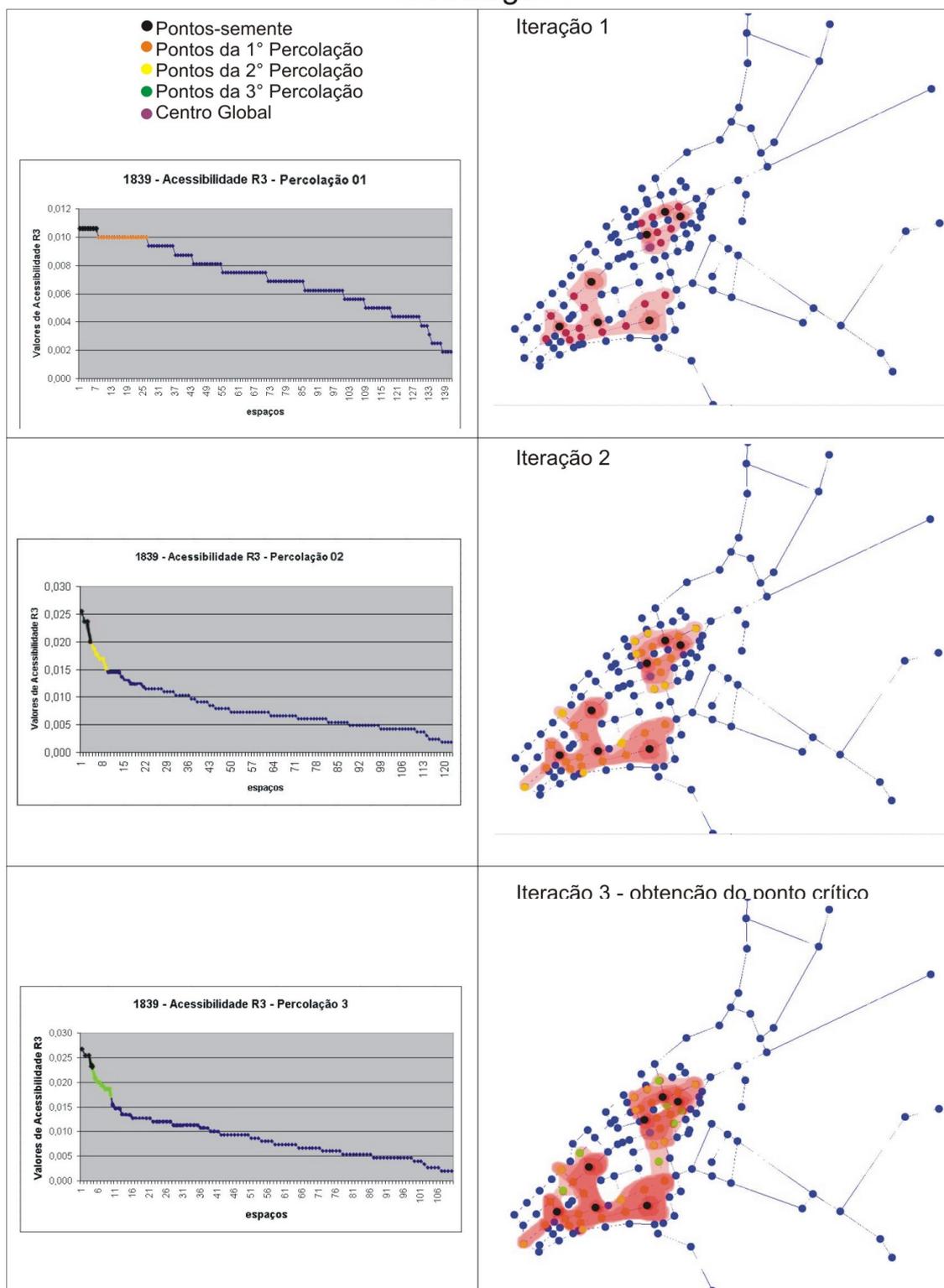


Fig. 29: Descrição da modelagem. Os gráficos mostram a forma de captura dos pontos (por patamares de integração), enquanto que os mapas, com os pontos coloridos e as manchas, são representações do processo de modelagem.

1888

Mapa tradicional

Estado inicial

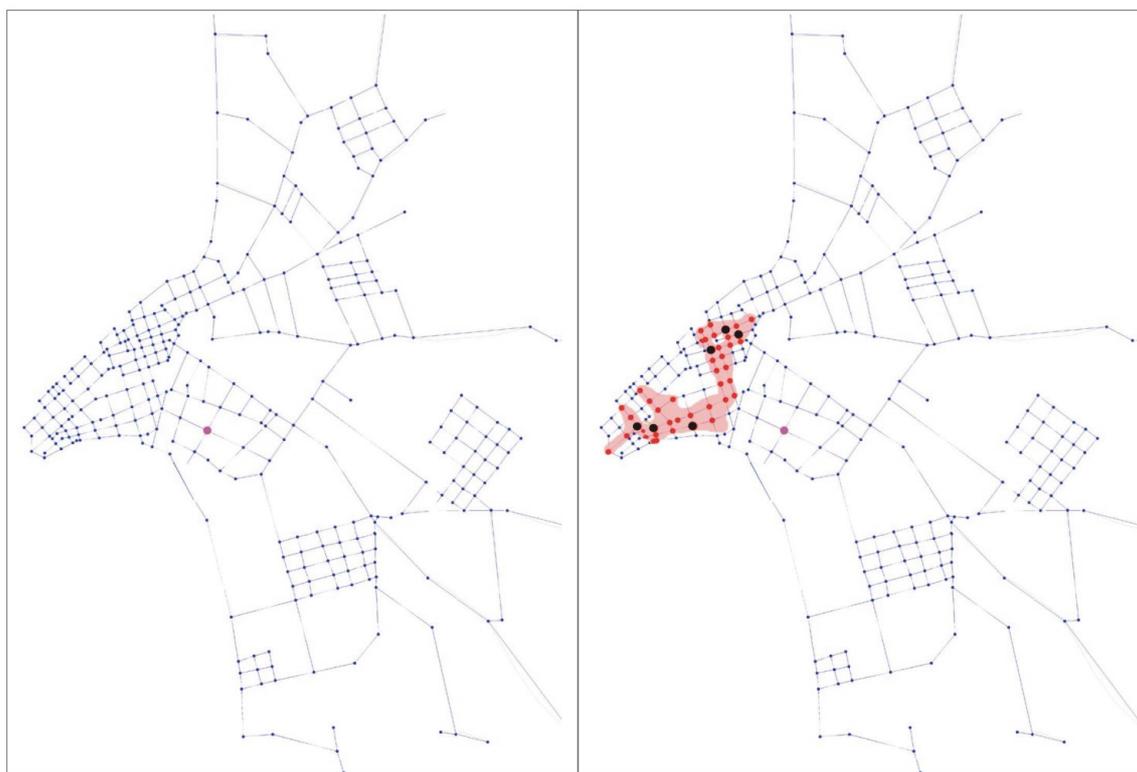


Fig. 30: mapas iniciais para o ano 1888. À esquerda, a representação tradicional do “estado” das ligações. À direita, o mapa com a representação da zona multicentral, cujo processo advém da modelagem do ano de 1839. A leste desta, temos o ponto considerado como centro global para este ano.

A rotina de procedimentos do ano de 1888 inicia com a importação da zona multicentral obtida no mapa anterior, 1839. Ao contrário deste último ano, o centro global já aparece descolado dos centros locais, motivado pelo crescimento periférico da malha, no sentido oriental. Ao iniciar este exercício, o crescimento periférico é detectado devido à emergência de novos pontos-semente dispostos na periferia da malha, como que acompanhando os dois vetores de crescimento (nordeste e sudeste). Nas iterações seguidas, observamos um rápido crescimento tanto dos centros locais periféricos, quanto do multicentro pioneiro. O que poderia se supor com isso é que o crescimento da malha seria acompanhado naturalmente pelo processo de diferenciação espacial, à medida que surgem novos centros em convergência com os vetores de crescimento da cidade. Ao final, temos uma nova configuração para o centro global. Segue abaixo as imagens da aplicação.

Modelagem

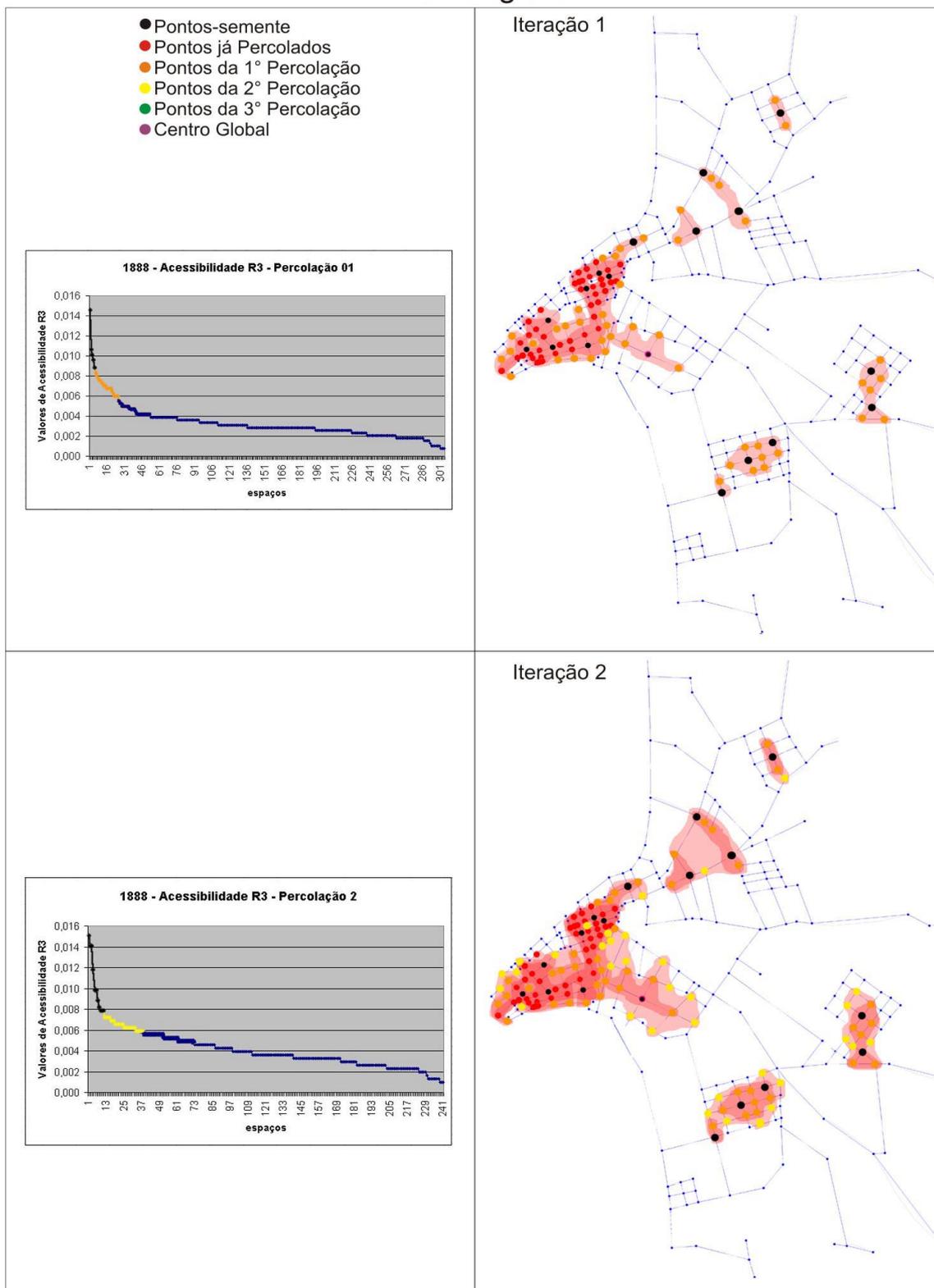


Fig. 31: o início da aplicação já detecta a emergência de centros locais acompanhando os vetores de crescimento da malha. A formação destes centros continua na segunda iteração, inclusive com a expansão do centro advindo do mapa anterior. O principal movimento dos centros locais é o de respaldar os vetores de crescimento.

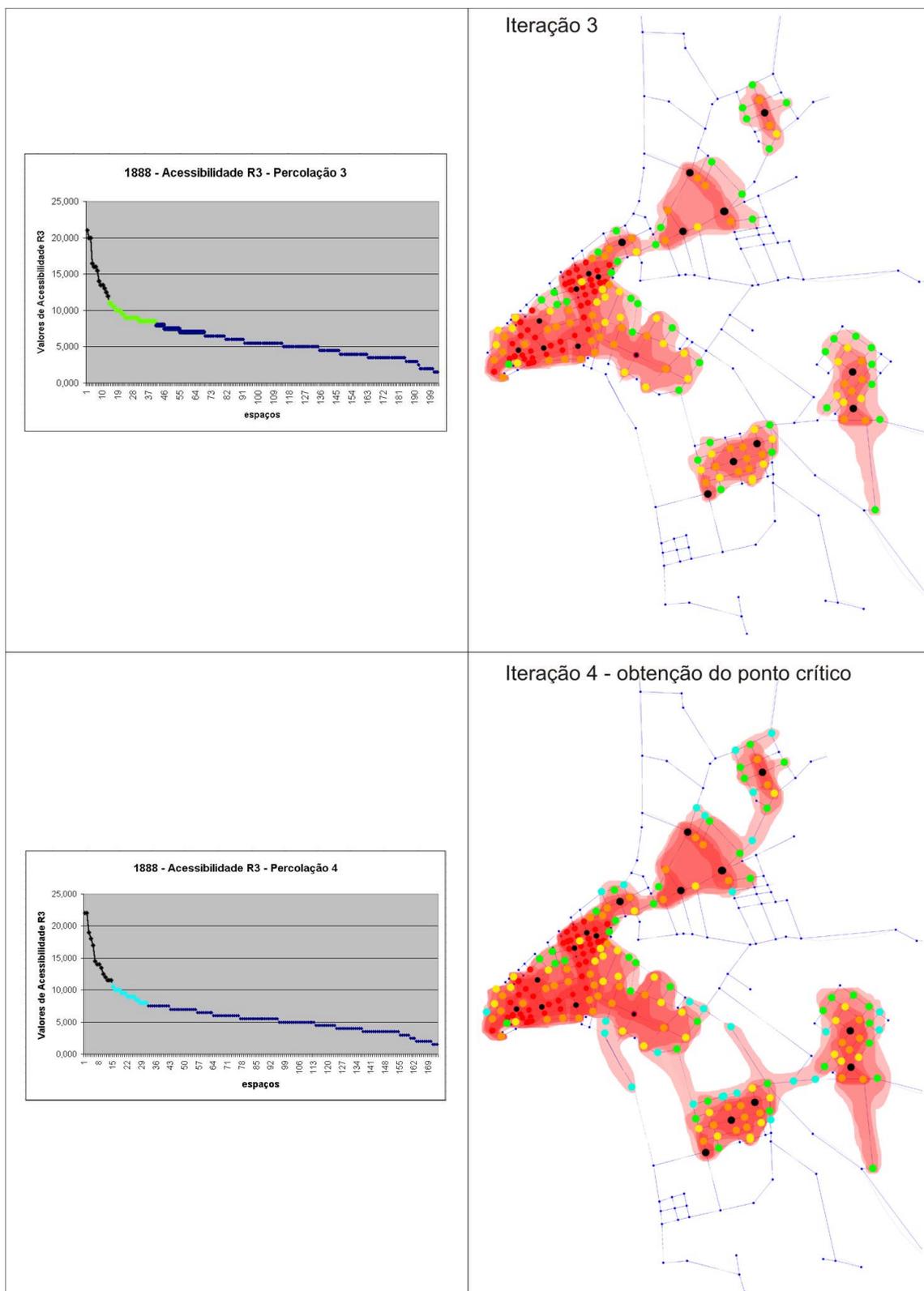


Fig. 32: o crescimento dos centros locais continua até a obtenção do ponto crítico na quarta rodada do exercício, dando origem a uma mancha de interacessibilidade dominante no sistema.

1919

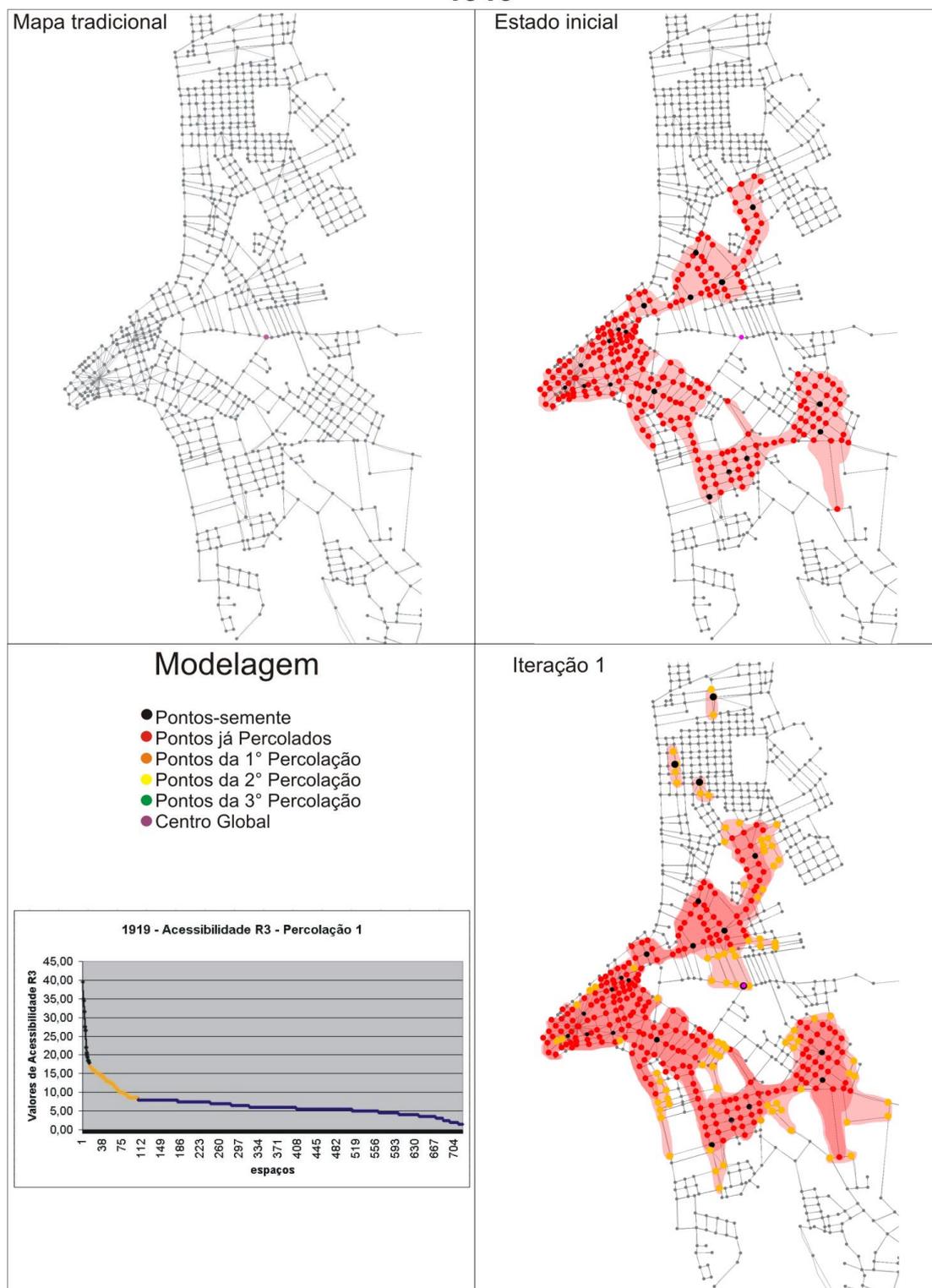


Fig. 33: a rotina de procedimentos para o ano de 1919 resalta os vetores de crescimento da malha verificados anteriormente. O deslocamento do centro global (ocupando uma posição mais a nordeste do que sua posição anterior) pode funcionar como um indicativo de que houve um maior processo ocupacional a norte e a leste. Esta premissa é comprovada com a detecção de núcleos de acessibilidade dentro dos espaços mais solidamente organizados.

No ano de 1919, o crescimento da malha volta a empurrar mais para leste o espaço considerado com centro global do sistema. Dadas as maiores adições a nordeste e ao centro do sistema, este ponto inverteu sua tendência de movimentação, vindo a ocupar uma posição mais a norte dentro do sistema.

Ao iniciarmos a rotina de procedimentos, notamos novamente que aqueles novos espaços adicionados à trama que apresentaram maior desenvolvimento e configuração – aqueles espaços que parecem formar zonas de ocupação mais ou menos claras dentro do sistema, acabaram sendo captadas pela aplicação, através da detecção de pontos-semente relacionados a estes espaços. Também a exemplo do mapa anterior, o ponto considerado como centro global do sistema, através de percolação, é incorporado à mancha de interaccessibilidade já na primeira iteração, sem no entanto possuir força suficiente para se tornar um ponto-semente.

Nas demais percolações, o núcleo pioneiro englobando a parte mais antiga da cidade cessa seu crescimento, apesar de ainda haver alguns pontos residuais que poderiam ser anexados ao núcleo de acessibilidade. O crescimento dos núcleos acaba sendo periférico, com novos – mas selecionados, pontos sendo incorporados.

O ponto crítico acontece já na terceira iteração, ao abranger centros locais a nordeste e unificar os vetores de crescimento além daquilo que podemos chamar de grande barreira de movimentação (na realidade, o parque Farroupilha). Podemos entender com isso que a própria mancha de interaccessibilidade ensaia um movimento seqüencial ao centro global, acompanhando seu deslocamento a leste, e funcionando como uma espécie de instrumento de respaldo à trajetória deste.

Outro ponto a ser destacado nesta aplicação é o fato de ser esta a primeira verificação de um centro local que não acaba sendo integrado à zona multicentral. Assim como no segundo teste da metodologia, podemos entender tal comportamento como o de um espaço cuja relevância ainda se dá em aspecto local. A maior justificativa para isso, sob o ponto de vista das redes, é o fato deste núcleo possuir uma posição topológica afastada demais dos outros espaços, o que impede sua anexação a curto prazo.

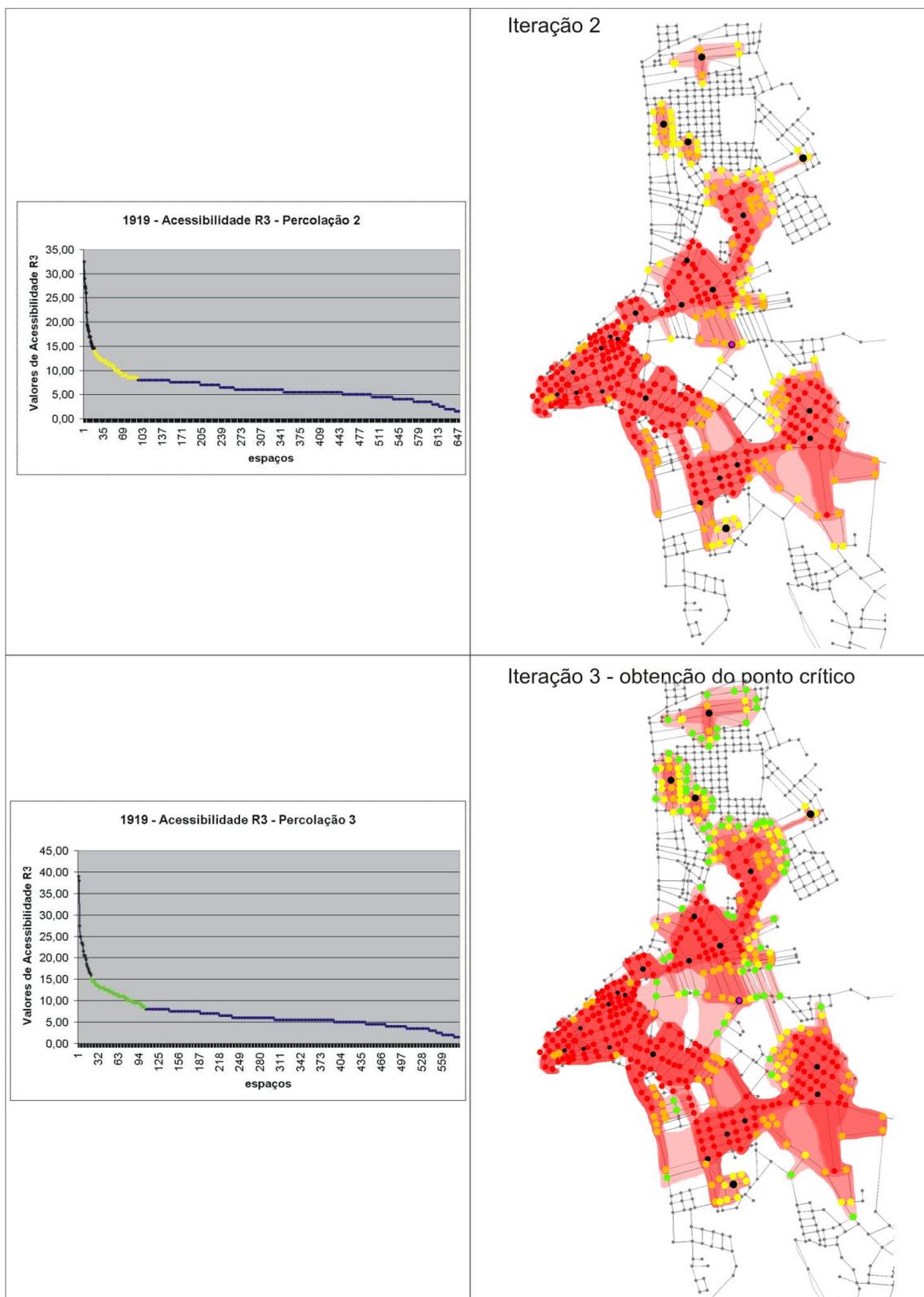


Fig. 34: Atingido o ponto crítico, dois comportamentos se destacam: a junção dos vetores de crescimento, além do Parque Farroupilha, em termos de rede considerado uma barreira espacial, pode significar a tendência da mancha de interacessibilidade em acompanhar o deslocamento do centro global; e a presença de um centro local não percolado, podendo significar um crescimento de malha maior do que o da influência da zona de multicentralidade.

1935

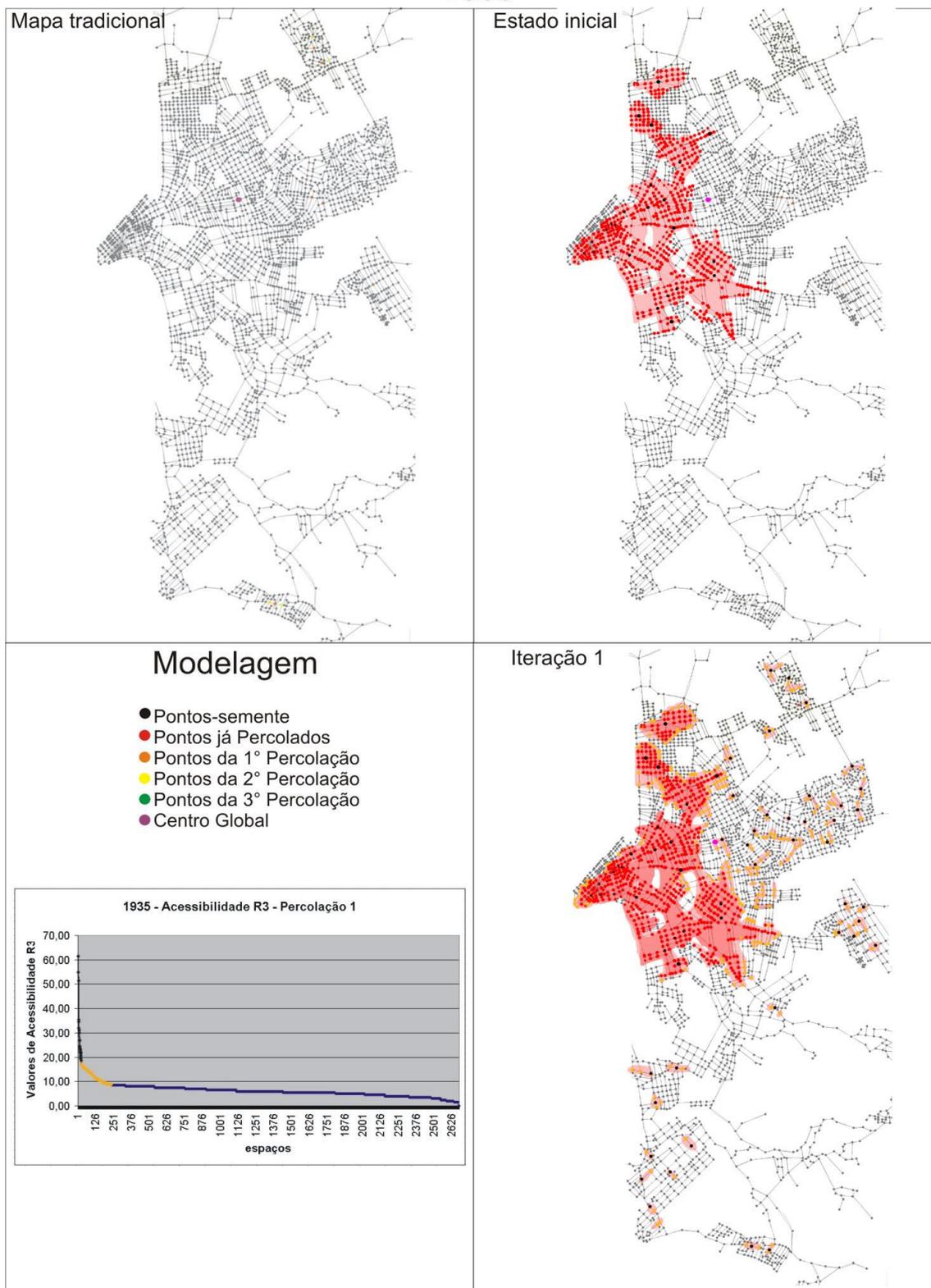


Fig. 35: O crescimento da malha sofre um impulso, potencializando e criando novos vetores de ocupação. Dentro destes, novamente emergem centros locais, ainda incipientes. Já na primeira iteração, o centro global, que dá continuidade ao seu sentido de movimentação, é englobado pela mancha de interacessibilidade. O centro local não percolado no mapa anterior também é englobado.

Em 1935, observamos um forte crescimento da malha, com vetores de expansão a nordeste, leste e sul. O centro global acompanha esta tendência e segue a se deslocar para nordeste, dando continuidade ao sentido de sua trajetória e novamente descola-se da mancha de intercessibilidade provinda de 1919. Podemos dizer que o exercício atual mantém uma rotina muito semelhante à do mapa anterior. O crescimento da malha, no entanto, age como um potencializador de diversos efeitos observados anteriormente, tornando a simulação de 1935 bastante representativa.

Em decorrência deste aumento da ocupação territorial, a primeira iteração revela a emergência de vários pequenos centros locais dispostos através de todos os vetores de crescimento, de forma seqüencial. Da mesma forma que na simulação anterior, o espaço que representa o centro global é incorporado à mancha de acessibilidade logo nesta primeira percolação, sem se tornar um ponto-semente. Também a exemplo de 1919, o centro pioneiro realiza poucas novas percolações e, proporcionalmente ao espaços em sua volta inseridos, interrompe seu crescimento.

As percolações subseqüentes reforçam a tendência à expansão de centros periféricos. À medida em que crescem, e também por possuírem uma estreita distância entre eles, vão se agrupando, formando avantajados multicentros periféricos, de escala ainda local. da mesma forma, o multicentro global continua a estender seus domínios seguindo os vetores de crescimento. A aplicação, também a exemplo do mapa anterior, encerra-se na terceira iteração, com a união dos multicentros locais mais próximos, dispostos ao longo do vetor leste de crescimento, ao multicentro global entre si. Os demais centros e multicentros locais estão separados por consideráveis distâncias do multicentro global, tornando esta união bastante improvável. Entendemos isso como uma união em que é preciso várias outras iterações, nas quais inevitavelmente seriam incorporados pontos pouco integrados para poder haver contato com estes centros. A verificação de tantos centros e multicentros em nível local na trama poderia ser mais um indício de que o crescimento desta foi além do crescimento do centro global, podendo significar novamente uma fragmentação na unidade urbana, a exemplo do que acontecera no mapa simulado na situação anterior.

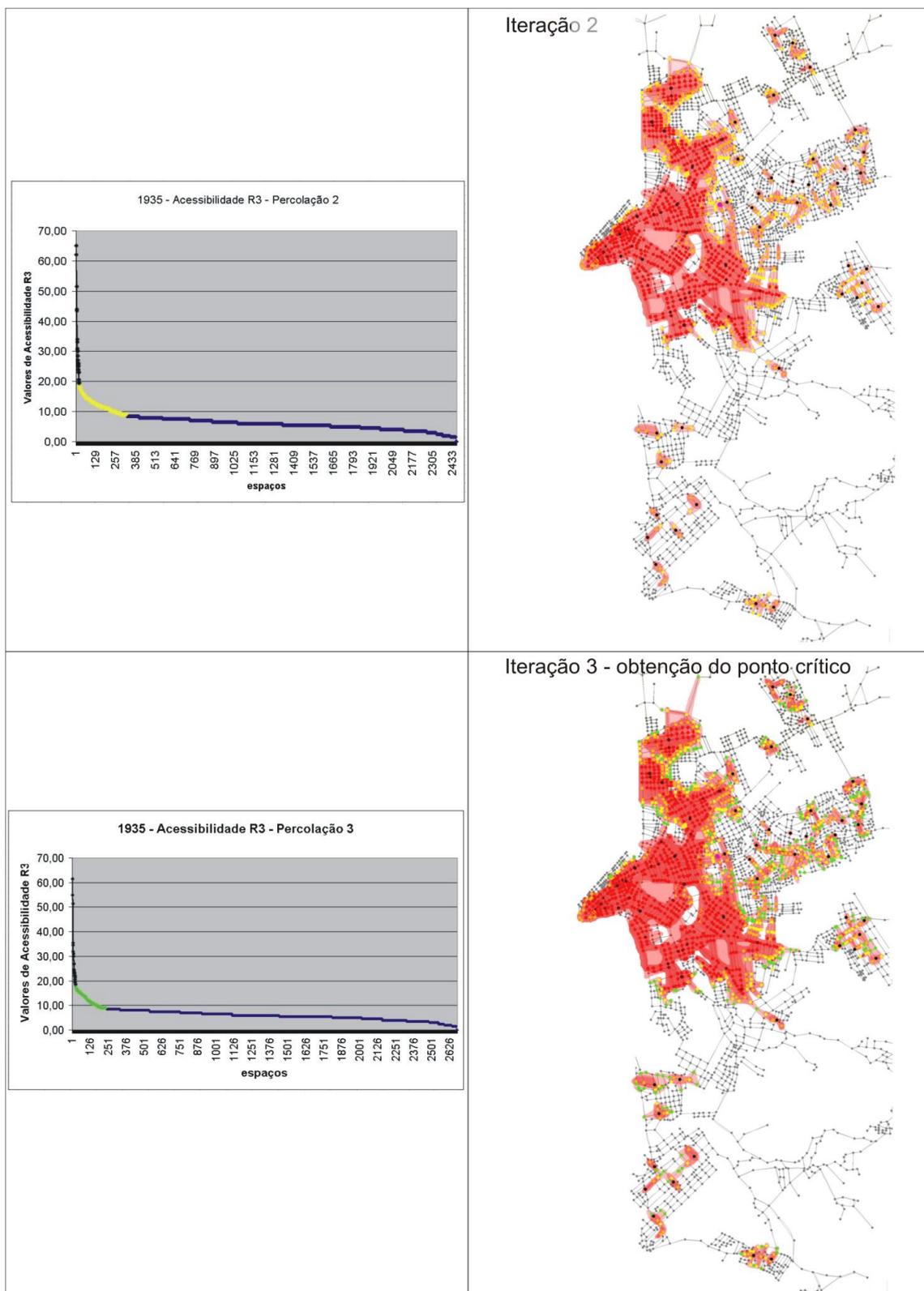


Fig. 36: Podemos encarar a simulação de 1935 como uma catalisadora das modificações sentidas em 1919. Isto possivelmente é atribuído ao crescimento da trama.

1968

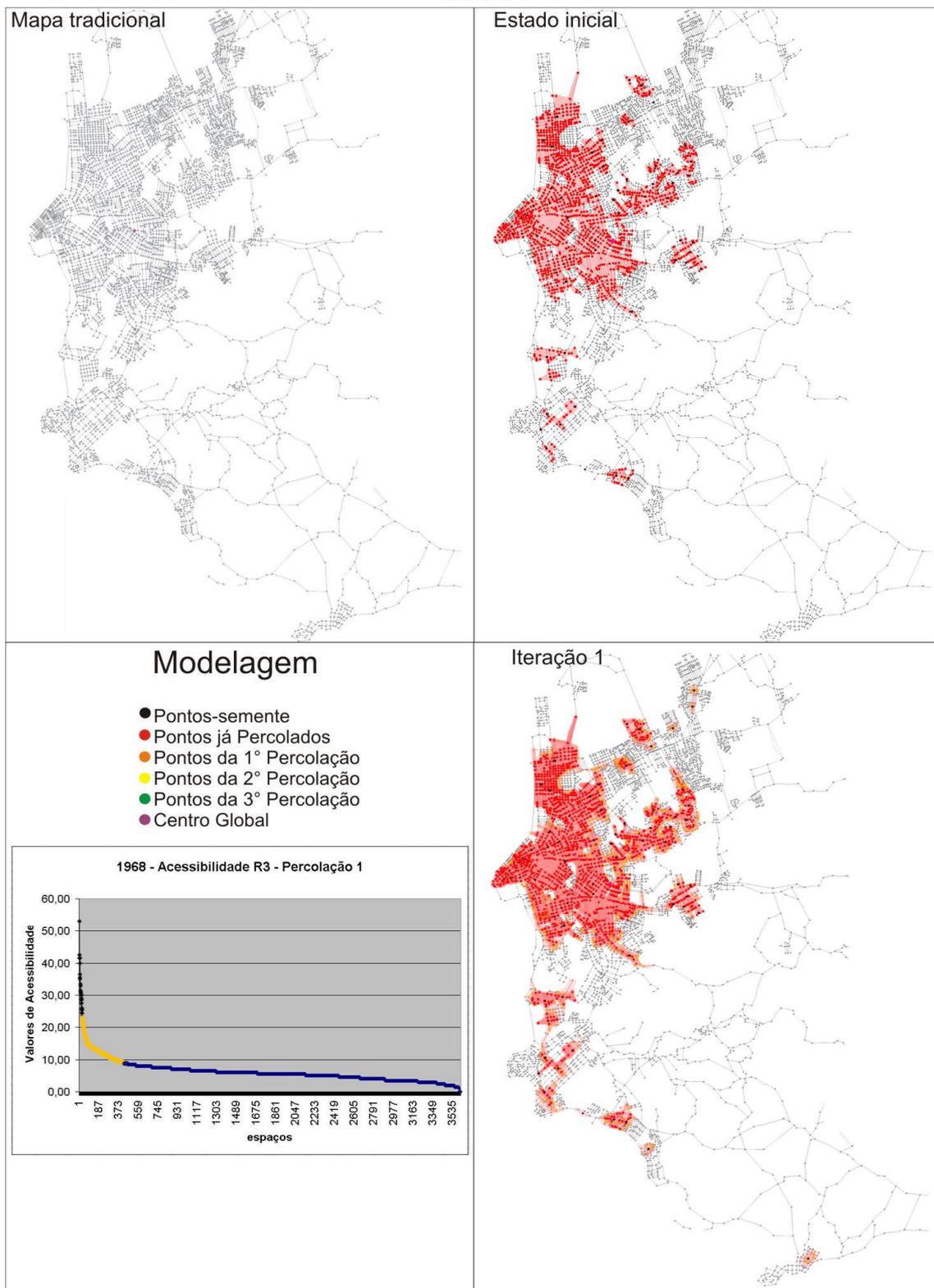


Fig. 37: pela primeira vez, o centro global já se encontra inserido na mancha de acessibilidade, inclusive com alguns “tentáculos” dispostos mais a leste do que este. A intensa ocupação verificada no mapa anterior faz com que o principal objetivo desta modelagem seja o reforço de centros periféricos progressos.

Em 1968, a rede parece cristalizar espaços já ocupados, enquanto novas ligações são efetuadas para além do território já consolidado, mas raramente formam outros lugares com densidades espaciais similares às verificadas nos mapas anteriores. Já os vetores de crescimento identificados no mapa anterior promovem esta densificação entre as áreas periféricas previamente ocupadas. Comparadamente com o mapa anterior, portanto, há mais densificação de espaços já ocupados do que propriamente crescimento territorial. Mesmo assim, o ponto considerado centro global segue sua trajetória ao leste, mas inverte seu sentido de movimentação, passando a ser para o sul. Pela primeira vez em toda a modelagem o centro global já se encontra inserido na mancha de interacessibilidade. Mais do que isso, alguns “tentáculos” da mancha encontram-se também pela primeira vez mais a leste do que o próprio centro global. Ao iniciar, percebemos que o cerne desta também pela primeira vez não está em detectar novos centros locais, mas sim em dar continuidade ao processo de formação de centros periféricos, iniciados em 1935. No presente mapa, o que notamos desde a primeira iteração é um movimento no sentido de formação de uma zona multicentral ao sul do sistema, a partir dos centros locais previamente detectados, mas ainda naquela oportunidade incipientes. Paralelamente, ao norte, dada a menor distância entre o multicentro global e os pequenos centros locais, por ser relativamente pequena, a tendência é a de união entre centros. A leste, os centros já percolados também crescem, tendendo a formar uma nova ligação entre os demais centros, mais a leste do que as anteriores, caracterizando uma ocupação expansiva, com ligações perimetrais. Ao final da prática, já na terceira iteração, temos o natural crescimento do multicentro global, mas também há o surgimento de um novo multicentro, formado a partir da integração de centros locais pregressos, onde a definição de local já não possuiria tanta propriedade. Ao mesmo tempo, continuamos detectando alguns pequenos centros, estes sim, de caráter ainda local. O que podemos apreender de tal simulação é que temos a emergência não ainda de um multicentro global unificado, mas de uma clara hierarquia global entre multicentros. Partindo de uma mancha global de interacessibilidade, emergem em seguida multicentros em mesoescala e centros locais, além dos demais espaços que não reúnem condições básicas para formar ou manter um processo de diferenciação espacial.

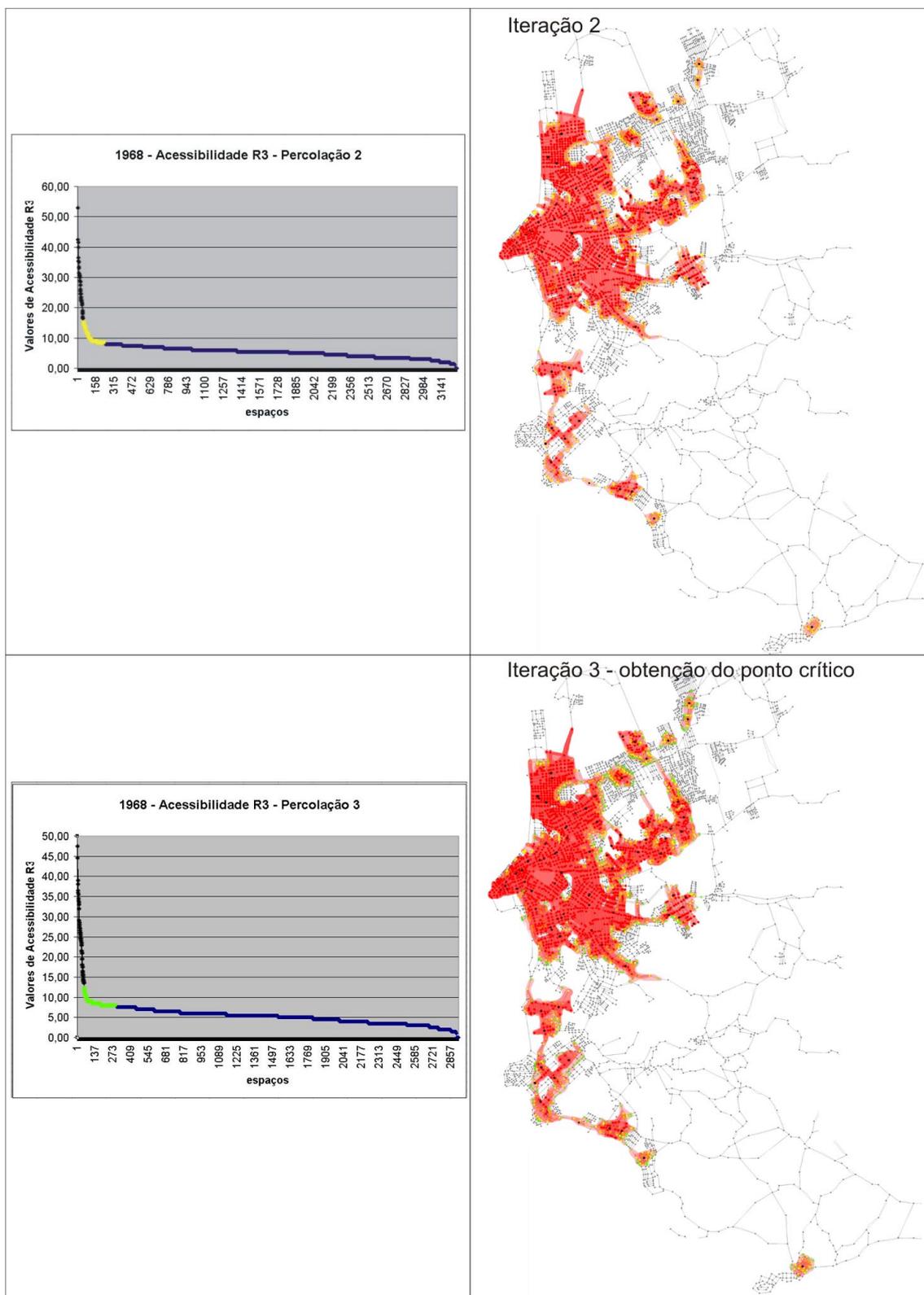


Fig. 38: ao finalizar a prática, percebemos a emergência de uma hierarquia bastante clara, contendo o já conhecido multicentro global, um multicentro médio, ao sul, alguns centros locais, além dos pontos sem condições de desenvolverem ou manterem um processo de diferenciação espacial,

2000

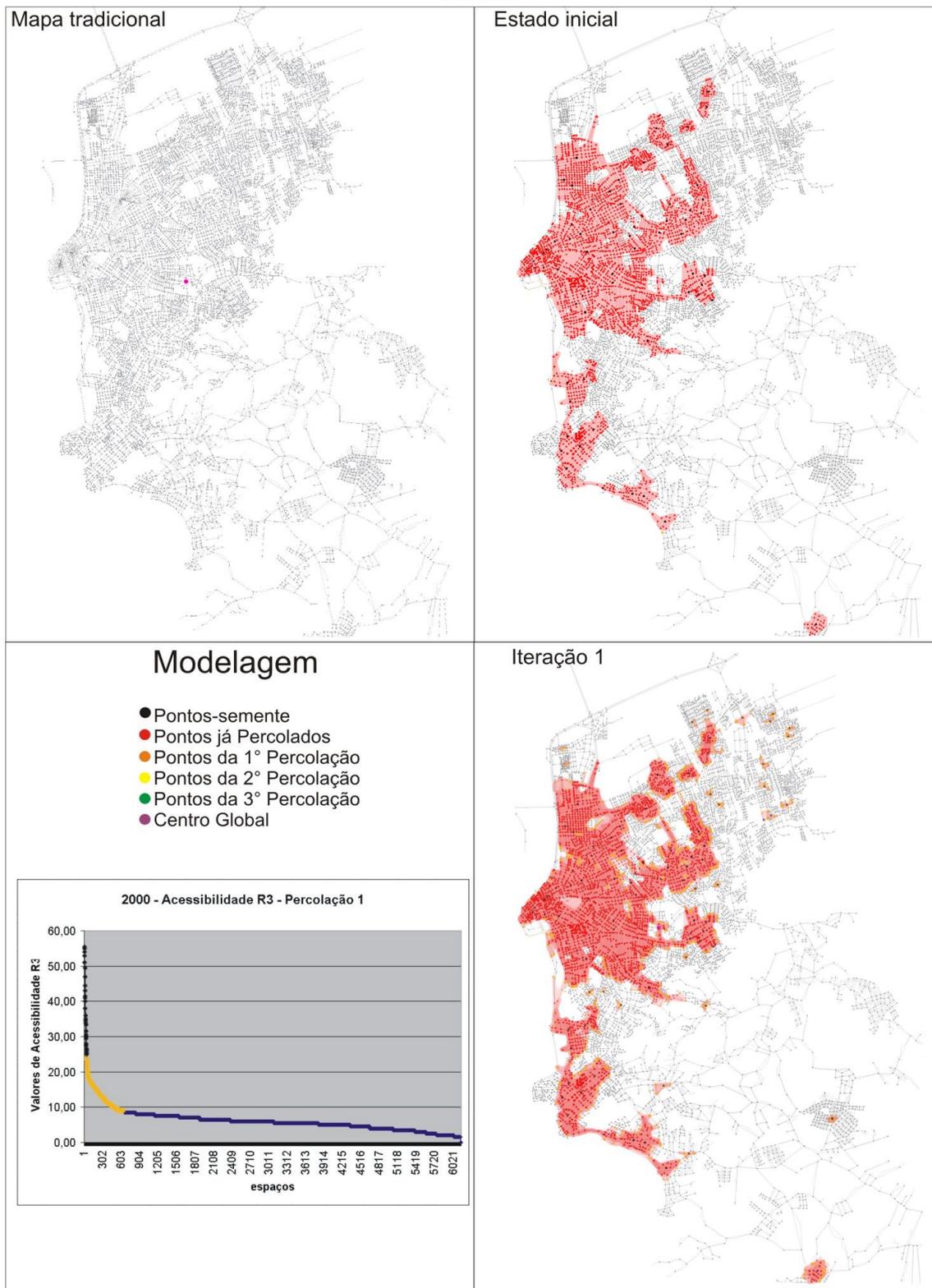


Fig. 39: a aplicação para o ano 2000 parece ser uma prosseguimento natural do mapa anterior, onde os centros identificados crescem, e as novas adições à rede têm seus centros locais detectados. O encaminhamento mais interessante, no entanto, está na tendência de ligação entre os dois maiores multicentros do sistema.

A rotina de procedimentos para o ano 2000 acontece quase que como um prolongamento das tendências de crescimento da malha urbana, sua ocupação territorial e o impacto a que estariam sujeitas as zonas de intercessibilidade. Novamente, a parte norte do sistema apresenta um crescimento mais consolidado e denso, refletido na captação de vários pequenos centros locais. Nas demais partes periféricas, a tendência foi a de aglomeração em torno de formações previamente consolidadas, com alguma ocupação interna, isto é, entre os vazios da trama verificados na aplicação anterior. O ponto considerado centro global do sistema segue sua movimentação para leste sem sair, porém, da zona de intercessibilidade, reforçando o quadro já apresentado no ano de 1968.

De acordo com a aplicação corrente, o que percebemos já na primeira iteração é o movimento de unificação entre o multicentro global e o multicentro médio ao sul.

À medida que temos um maior afastamento das formações pioneiras, a superfície da mancha de intercessibilidade tende a possuir extremidades tentaculares. Isso se deve em parte pelo fenômeno já comentado de crescimento pouco denso, ou não configurado da malha, onde poucas ligações unem espaços distantes, separados por imensos vazios espaciais. Isso dá a entender que a mancha de intercessibilidade descreve trajetórias baseadas principalmente no desenvolvimento da malha, detectando e retificando estes avanços.

Ao final da breve aplicação, já na segunda iteração, o ponto crítico surge quando detectamos a ligação entre os multicentros global e regional-sul. Mesmo havendo outras coligações ao norte e a leste, esta conexão parece ser a mais importante de todas, pois configura uma zona de intercessibilidade realmente global, perfazendo grandes extensões do território e sempre em consonância com a malha existente. A presença de centros locais periféricos novamente é encarada como um indício de que a rede possui um desenvolvimento mais acelerado do que o das zonas multicentrais, impedindo que estas acompanhem tal crescimento. Também nos parece previsível, pelo histórico de modelagem, que muitos destes centros locais atuem como

embriões de zonas multicentrais futuras e venham a fazer parte do multicentro global em pouco tempo.

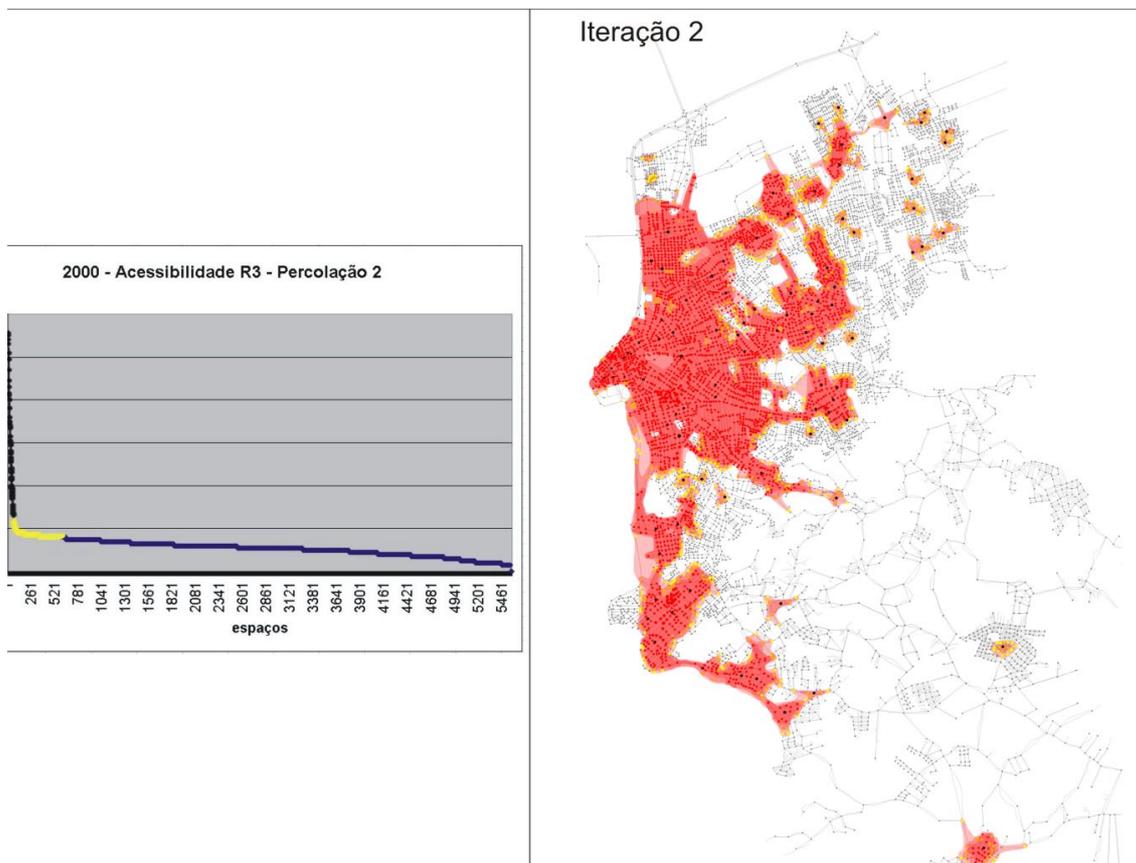


Fig. 40: encerrado o processo do exercício, notamos a emergência de uma grande mancha de interacessibilidade local, hierarquicamente dominante. A presença de centros locais não percolados pode ser encarada como um reflexo do crescimento acelerado do sistema, ao qual o processo de formação de centros foi incapaz de acompanhar.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo discorrerá a respeito dos resultados obtidos a partir da aplicação do modelo sobre uma rede a qual podemos descrever como urbana. Iniciamos o estudo a partir da redução da malha para uma seqüência randômica de pontos e conexões, onde os estados posteriores, num primeiro momento, crescem com alguma aleatoriedade impossível de ser determinada minuciosamente.

Logo, examinaremos os resultados obtidos nas simulações primeiramente à luz das teorias de redes, de modo a avaliar o impacto da detecção de redes do tipo Small World dentro de sistemas fechados em crescimento.

Entretanto, por se tratar de um sistema urbano baseado em relações de conectividade, de fundo puramente topológico, também será necessário discorrer acerca das propriedades espaciais envolvidas no exercício e em seus desdobramentos configuracionais. Neste tópico, serão discutidas as questões envolvendo organização interna dos espaços, formação de centros e seu impacto na morfologia urbana, compreendida aqui como a relação entre fluxos e acumulação construtiva. Pretendemos com isso especular sobre a lógica espacial das cidades, tomando por base um estudo urbano em redes, com a introdução da dimensão temporal e de dispositivos os quais produzem uma relação de causa/efeito entre estados minimamente coerente.

Pensamos, porém, que não esgotaremos a análise sem que haja uma reflexão social e urbana sobre dos resultados obtidos. Faremos especulações acerca dos conceitos cognitivos para moldar uma espécie de pré-teoria, embasada nos resultados obtidos, que possa auxiliar na compreensão espacial construída sobre uma especulação de trajetória evolutiva urbana. O que

pretendemos aqui é ligar a formação de centros globais com a cristalização de uma imagem urbana forte e verossímil.

Comum a estes três tópicos, segue também um processo reflexivo, buscando analisar a influência das opções de calibragem do modelo, desde a representação sintática escolhida até a medida espacial adotada.

5.1 HIERARQUIAS E VETORES DE CRESCIMENTO EM SISTEMAS URBANOS

Examinando os resultados sob o aspecto das teorias de redes puramente aplicadas e/ou vistas como sistemas complexos, o que observamos durante o exercício é a formação de hierarquias celulares baseadas unicamente por sua posição relativa. A implementação de uma ferramenta ou dispositivo que simule a dimensão temporal permite a emergência de hierarquias por repetição de eventos. De acordo com Batty (2003; p 06), “uma das assinaturas-chave de sistemas complexos é o fato de que muitos padrões repetem-se em diferentes escalas espaciais e temporais.

Se nós nos focarmos nas escalas espaciais por um momento, então processos simples que geram crescimento em níveis majoritariamente locais, quando aplicados uniformemente na construção de estruturas a partir da mais simples localização do ponto de partida, geram um mesmo padrão em escalas sucessivamente maiores.” Exemplos disso são as estruturas dendríticas, como rios e sistemas de transportes urbanos, que partem de várias partes as quais, ao se agregarem, formam um núcleo estável.

Adaptando esta observação para o nosso caso, também poderíamos considerar o exercício como possuidor de uma estrutura dendrítica, com várias “ramificações” que seriam os diversos centros locais. Sua trajetória temporal tende a unificá-los, formando “troncos”, ou o próprio centro global. Temos uma repetição de fenômenos (representados pela rotina de procedimentos) que geram uma ordenação configuracional sempre longe do equilíbrio, sempre dependente dos estados anteriores, mas sempre hierarquicamente padronizada. De certa forma, isso aparece com bastante desenvoltura durante a modelagem, muito embora nosso sistema de análise permita essa detecção

por efeito contrário, isto é, do núcleo central para as várias partes. Em última análise, o que temos é a formação de um tronco de integração fortemente enraizado nos estados pregressos, especialmente nos núcleos mais antigos. Os galhos acompanham os vetores de crescimento. Em determinado momento, o crescimento da trama, já destacado no capítulo anterior como mais acelerado do que a possibilidade de escolta dos núcleos antigos forçou a emergência de outros caules que vão sendo gradativamente incorporados ao sistema global.

Este processo temporal muda a representação do sistema muito radicalmente, ao incorporar uma nova realidade de conexão a um panorama outrora estático, fazendo com que as relações entre os objetos envolvidos se alterem modo igualmente sensível. Isto nos faz pensar que as representações mais corretas para este tipo de complexidade são através da noção de relações envolvidas em sistemas em rede, com suas interações formadas por processos que operam acima destes sistemas.

Para Batty (2003; p 07), “o foco principal na ciência de redes não está mais na procura por padrões de estruturas, mas no modo com o qual estas redes mudam e se desenvolvem”. Seguindo esta linha, durante todo o desenrolar do exercício, o modelo sugere a presença de uma superestrutura estável que de alguma forma dá respaldo ao crescimento da malha. Entendemos que essa superestrutura seja composta por atalhos da trama que permitam respostas e fluxos mais rápidos nos sentidos de desenvolvimento. Em outras palavras, a superestrutura seria uma espécie de feedback positivo ao crescimento da trama: a formação e/ou desenvolvimento de zonas de convergência de fluxos dentro do ‘emaranhado’ urbano.

Quando o crescimento urbano é pequeno em relação à trama existente, a superestrutura tende a reforçar hierarquias existentes. Quando o crescimento é sensível, além do simples reforço destas, temos o surgimento de novas zonas de convergência acompanhando os vetores de crescimento. O que temos ao final deste processo seria uma comprovação de que a superestrutura interaccessível acompanha os vetores de crescimento da cidade.

Conforme Batty (2003), o principal objetivo da análise das hierarquias vai além da constatação feita acima. Precisamos entender o que os resultados apontam como explicação causal e mais esclarecedora para tal.

Os dados obtidos pela aplicação são na verdade um mapeamento de espaços que, por possuírem bons valores de uma medida urbana, acabam concentrando uma série de fenômenos relativos a centros urbanos em geral. Logo, cada núcleo de acessibilidade captado durante o experimento é um potencial atrator de funções em nível local.

A rotina de procedimentos que aplicamos detectava núcleos deste tipo em partes do sistema aparentemente bem configuradas, isto é, bem inseridas dentro de tramas com números expressivos de conexões, caracterizando espaços bem integrados dentro de algumas áreas novas da cidade.

Estas áreas localizadas pela rotina de procedimentos acabam se auto-afirmando durante o exercício, assim como os núcleos nas quais estão inseridos. Isso nos leva a considerar que os vetores de crescimento são confirmados e respaldados pela dimensão superficial da superestrutura interacessível urbana. Sendo este grande núcleo baseado em ações contínuas de diferenciação e compressão espacial, o que temos em última análise é uma um espaço notável representando diversos outros espaços, conectado com outros espaços notáveis e representativos de uma determinada área da cidade.

O resultado final deste quadro são ligações remotas que atravessam o sistema e configuram uma apropriação diferenciada do espaço urbano, evidenciando destinações e rotas preferenciais, globalmente sintonizadas com as tendências de ocupação e expansão territorial.

Assim posto, a compressão espacial poderia ser encarada, como uma adição de ligações cada vez mais distantes, unindo uma gama incontável de espaços a alguns poucos espaços interacessíveis, por intermédio de outros poucos espaços interacessíveis.

Para Batty (2003; p 07), “em termos de conectividade média, isso aumenta linearmente mas se você medir a média das distâncias de viagens na rede, tomando cada ligação como uma unidade de distância, então o que acontece é que muito subitamente, a distância média desaba, à medida que os nós vão ficando mais conectados”.

5.2 VERIFICAÇÃO DE COMPORTAMENTOS DE REDE DO TIPO SMALL WORLDS

Se analisarmos estes resultados puramente sob o aspecto dos sistemas conectados, ou redes, o que de fato acontece com nosso sistema pode ser descrito como a repentina obtenção de um patamar otimizado de conectividade e distâncias médias relativas, proporcional principalmente em relação ao crescimento aleatório do sistema. De acordo com isso, poderemos afirmar que o ponto crítico obtido via percolação é o nível mínimo de compressão espacial necessário para suprir o crescimento do sistema. Não haveria interesse em continuar o processamento após sua detecção, pois sabemos que não teremos mudanças expressivas dentro da rede; ademais, seriam necessárias inúmeras iterações para se obter um resultado semelhante ao da transição de fases, facilmente obtida, como verificamos durante a aplicação.

Igualmente, a não-obtenção um único núcleo multicentral não significa que o sistema cessará sua evolução e crescimento ao longo do tempo. Mas pode talvez ser um indício de que o sistema tenderá a se dividir, vindo a possuir dois ou mais núcleos funcionando paralelamente entre si. Mais uma vez, serão os vetores de crescimento que definirão esta situação. No caso apresentado, podemos observar um princípio de ruptura no sistema, quando há um maior desenvolvimento da rede conectada na parte sul do sistema, no ano de 1935, ensaiado pela emersão de diversos centros locais que aos poucos foram se somando para formar um núcleo paralelo de interacessibilidade, rivalizado apenas pelo núcleo histórico. O próprio sistema só voltou a apresentar um patamar de integração predominantemente mononuclear no último mapa analisado, correspondente ao ano 2000, pois o processo de crescimento primeiramente detectado acabou dando espaço a uma reagregação, ou surgimento de vetores convergentes de ocupação.

A simulação do exercício termina, assim, com a obtenção de um núcleo multicentral globalmente estendido, representado como uma grande mancha de interacessibilidade.

O que apresentamos com isso também pode ser associado ao já conhecido comportamento de rede chamado de Small Worlds, emergindo

sempre ao final da experimentação de cada mapa, sendo logicamente no último destes o resultado mais representativo. Parece-nos factível associar esta propriedade emergente de redes complexas com a formação de uma superestrutura dentro do sistema, por surgir devido a mudanças espaciais e temporais altamente sustentáveis.

Para Batty (2003; p 18), “as redes reais freqüentemente mostram qualidades de Small World, simplesmente para permitir movimento eficiente”. Isto em parte tem a ver com o grande poder de agrupamento que redes do tipo Small Worlds comprovadamente apresentam. Durante a experimentação, isto foi comprovado pelo modo como se formam e evoluem os centros locais. Após a aplicação de uma primeira rotina de procedimentos – identificação de um ponto-semente e compressão espacial através de algumas poucas ligações remotas, a aplicação das demais rotinas leva na maioria das vezes a uma concentração de valores de integração nas bordas destes clusters insipientes.

Ao atingir-se o ponto crítico do sistema, portanto, o que temos é a soma de muitos potenciais de acessibilidade e também de convergência de fluxos dentro do sistema, fazendo destes, pontos solidamente referenciáveis dentro da rede.

Levando em consideração os resultados finais do exercício, notamos que o ambiente tipo Small Worlds que emerge da trama é também o indicativo de como a rede urbana funciona internamente e de modo otimizado, no que compete aos parâmetros de transição interescares. E assim, podemos considerar que a Porto Alegre do ano 2000 funciona com um bom nível de integração local/global, permitindo uma boa ligação entre suas várias zonas e vetores de crescimento. O mesmo não se podia dizer da mesma Porto Alegre do mapa anterior, 1968, por haver rivalidade entre núcleos de integração. Estes dois últimos estados analisados tendem a atribuir ao comportamento de rede do tipo Small Worlds uma espécie de respaldo ao crescimento da própria rede, tendendo sempre a possuir uma forma proporcional à escala do sistema sobre o qual emerge.

Assim, a superestrutura, multicentral e interacessível, balizadora do crescimento global da rede, pode sim ser descrita como uma característica Small Worlds emergente. Por se originar, de acordo com o próprio conceito

aqui perseguido de modelagem, das próprias diferenciações espaciais via conectividade relativa, os resultados finais parecem bastante sólidos.

5.3 SMALL WORLDS EM SISTEMAS URBANOS REAIS

O comportamento Small Worlds em sistemas urbanos analisados como redes conectadas pode ser pensado como uma compressão espacial via diferenciação espacial, delineando um centro global formado por multicentros locais interconectados que tendem a aproximar de maneira otimizada os diversos vetores randômicos de crescimento. Se topologicamente isso nos parece sensato, seria importante saber também como isso poderia ser pensado e estruturado em ambiente real. Mais do que isso, deve-se compreender de que forma a contínua compressão espacial poderia efetivamente ser comprovada empiricamente, durante o processo evolutivo de uma cidade.

Para tanto, a principal analogia é tomada a partir dos estudos de Barabasi e Albert (1999), os quais afirmam que as redes crescem em escala-livre, com novos nós e conexões crescendo em proporção à estrutura existente. Assim, tem-se também a formação de redes Small World, com poucos pontos concentrando um expressivo número de ligações em relação a todos os demais. Assim, os núcleos já existentes tendem a se tornar cada vez mais concentradores. Para Batty (2001; p 02), “redes que partem deste padrão claramente o caso dos Small Worlds, provavelmente crescem através de diferenciação, através de necessidades espaciais e/ou mudanças tecnológicas”. Durante o crescimento de cidades, novas formas de transportes e comunicação são instituída para dar possibilidades de sua população de se comunicar com pessoas e lugares cada vez mais distantes. Isso só é possível se os avanços tecnológicos acompanharem proporcionalmente o crescimento urbano.

Mundos locais, como vilas próximas, vão estendendo lentamente suas divisas até que uma rota de transporte é criada entre elas e, com meios especificamente eficientes de movimento, cria-se uma ligação remota unindo-as, conectando os moradores de ambas e criando conseqüentemente um Small World. Cidades que passam por inchaços territoriais também podem depender

de ligações remotas e meios de transporte suficientemente rápidos para diminuir o tempo de viagem entre os extremos do sistema. Caso contrário, as rupturas topológicas no sistema, já mencionadas anteriormente, poderão vir a comprometer o funcionamento global do sistema.

Percebemos, assim, que o crescimento de cidades, vistas aqui como sistemas coesos, está condicionado a inovações na área de transportes e comunicação. Por funcionarem como elementos balizadores do crescimento, os meios de transporte e comunicação são as próprias ligações remotas que comprimem o espaço, estrategicamente, após a captação das melhores vias (diferenciação espacial) para a passagem de fluxos de matéria e energia. Assim, a hierarquia intraurbana surge como um mecanismo de configuração espacial por concentrar fluxos e se retro-alimentar por uma distribuição de usos do solo, preços de solo urbano, acumulação de estoques, dentre muitos outros.

Logo, os espaços mais imprescindíveis dentro desta complexidade serão exatamente aqueles que detiverem as melhores posições estratégicas e proximidade relativa, primeiramente dos centros e logo em seguida das ligações remotas entre estes. Nosso modelo, apesar de não ter sido montado para mapear externalidades da ocupação humana, pode através da mesma analogia com o trabalho de Barabasi e Albert (1999), mapear de modo genérico estas parcelas diferenciadas da cidade. Seriam as próprias zonas de intercessibilidade, formadas ao redor de núcleos de integração locais. As principais rotas são as ligações remotas entre os vários centros locais, apesar de que a representação escolhida não seria a mais indicada para detectá-las, pois tende a formar elementos convexos e convergentes, ao invés de linhas divergentes.

Desta forma, podemos dizer que o foco do modelo está em mapear com alguma precisão a evolução das áreas de convergência de fluxos e atividades. Assim poderemos delimitar a tendência de ocupação das áreas centrais – as áreas envolvidas pela mancha de acessibilidade, com ênfase nas áreas pertencentes à zona multicentral global, por ser esta a principal zona organizadora de fluxos de matéria e energia por todo o sistema urbano .

De modo inverso, as áreas não vinculadas à mancha de intercessibilidade não possuiriam uma ocupação intensiva. A idéia é de

encontrarmos espaços cujos padrões de ocupação de solo possuem um padrão de baixo índice de edificação por lote e/ou ainda não foram definidos, havendo uma maior diversidade de tipologias construtivas, para tipos de uso do solo bastante semelhantes entre si. De acordo com isso, o modelo proposto poderia funcionar inclusive como um registro dos índices de equilíbrio auto-organizável intra-urbano (Portugali, 1996), se admitirmos que a mancha de interacessibilidade funcionaria também como um delimitador de zonas em equilíbrio dinâmico e em processo de padronização (dentro da mancha) e zonas fora de equilíbrio e em processo de embate entre forças internas em busca de uma “força escravizadora” que, só a partir dela, irá condicionar o sistema a uma posição de equilíbrio dinâmico. Em suma, o modelo separaria as zonas em equilíbrio das zonas fora de equilíbrio.

5.4 SMALL WORLDS E A LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO

Em última análise, a simulação aqui analisada não seria mais do que a modelagem temporal da superestrutura de um sistema complexo em crescimento, organizado em rede.

Especialmente, as premissas acima dispostas servem de sustentáculo a novas experimentações acerca da lógica espacial. Talvez a mais promissora delas é a possibilidade de se trabalhar com sintaxe espacial mais abertamente como um sistema genérico de rede.

A aproximação entre estas parece clara, na medida em que ambas as correntes tratam seu processo fenomenológico como resultado das relações de conectividade interna. Isso pode ser conferido plenamente dentro do estudo proposto, devido à representação adotada, onde as interseções e curvas das vias urbanas são representadas como nós e os trechos entre elas como ligações (representação do tipo Dual). A partir desta aproximação, as demais relações de semelhança são potencializadas, e talvez a mais forte de todas é a possibilidade de se trabalhar na verificação de comportamentos Small Worlds dentro de sistemas topológicos urbanos. A principal estratégia está em embutir as características típicas de comportamentos Small Worlds dentro das ferramentas e conceitos consagrados da Sintaxe Espacial.

Vemos na problemática da formação de centros urbanos o terreno perfeito para tanto. Conforme vimos, a formação de centros urbanos envolveria a massificação de diversas facilidades globais interdependentes, de modo a torná-las utilizáveis por todos os agentes urbanos. Isso implica na formação de núcleos de acessibilidade local que se complementam entre si através de claras rotas de movimentação.

A representação sintática escolhida é mais eficiente na detecção dos núcleos do que na de rotas, devido à utilização de pontos representando espaços e linhas como trechos de rua que os conectam; ao passo que a representação tradicional por linhas axiais detecta mais facilmente as rotas. Mesmo assim é possível detectar trechos de rotas que claramente se transformariam em ligações preferenciais entre núcleos e/ou microvetores de crescimento, devido à boa soma de valores de acessibilidade relativa R_3 que estes espaços venham a possuir. Alia-se a isso a condição de posicionamento observada destes espaços: eles geralmente são entes ligados aos pontos-mente que possuem um certo afastamento geográfico em relação aos limites de concavidade do núcleo; ou então, são uma seqüência de pontos alinhados configurando vias preferenciais para o trânsito inter-centros.

A vantagem que vemos em relação aos estudos de Hillier (1999), é a de que a formação e evolução destes núcleos é obtida puramente através de análises de conectividade em nível local. Hillier (1999) soma pesos às mesmas conectividades das linhas, sob a forma de número de estoques comerciais associados a cada linha. Isto confere aos resultados uma maior verossimilhança num primeiro momento, na medida em que os centros formados possuem respaldo nos usos do solo que realmente acontecem em zonas convergentes de fluxo e de atração de mais estoques que se aproveitam dessa polarização inicial para então configurar uma zona de interacessibilidade.

A desvantagem é a grande dificuldade em fazer disso um método para estudos evolutivos intertemporais, devido às escassas e muitas vezes inacessíveis informações que se tem acerca dos estoques urbanos ao longo do tempo.

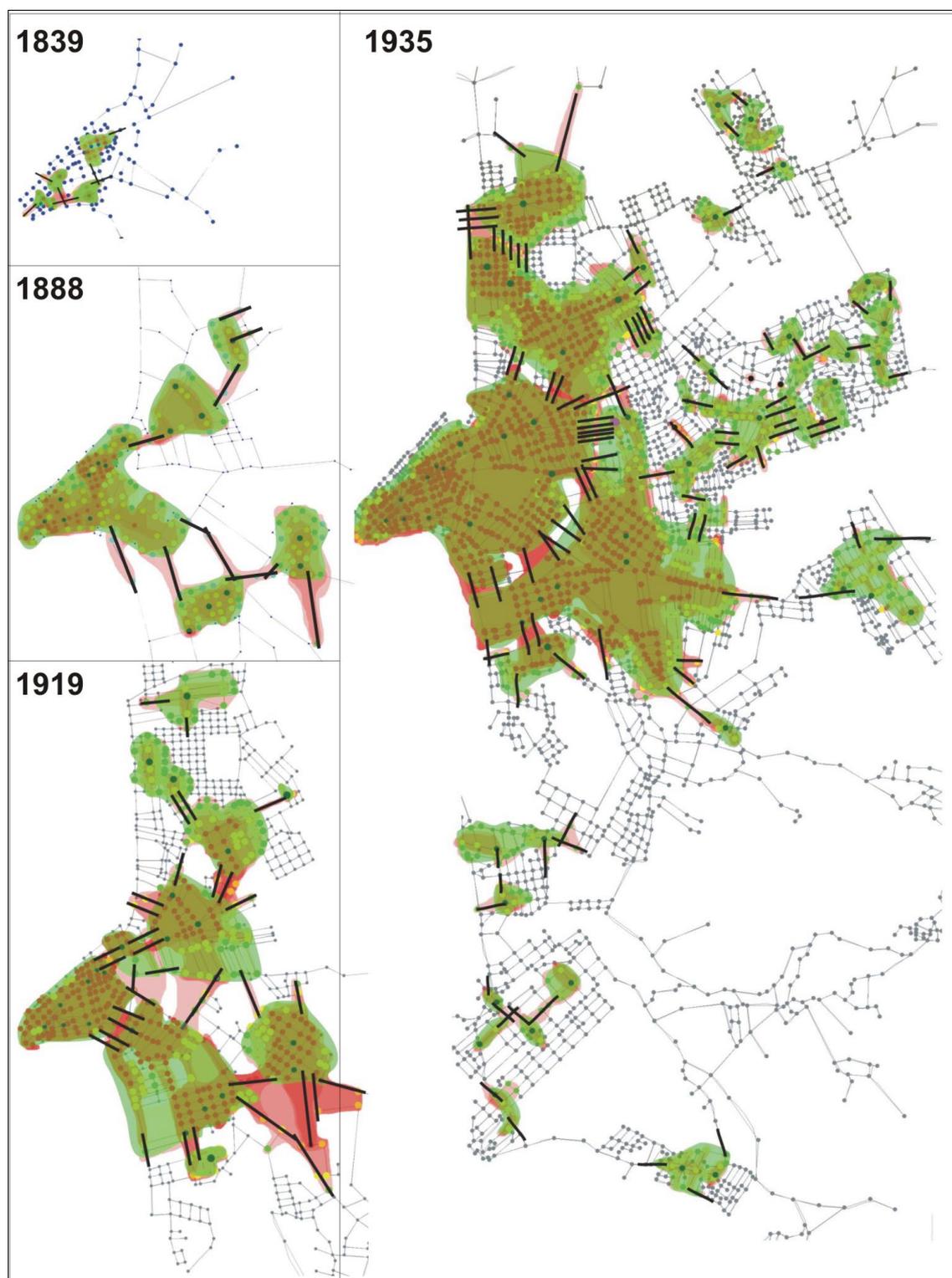


Fig. 41: Síntese da evolução dos centros urbanos e suas principais ligações, adaptando a idéia de delimitação de centros e de ligações preferenciais para o período entre 1839 e 1935: O que vemos é que a compreensão das manchas de interaccessibilidade, representada durante o estudo de caso, torna-se mais clara, devido à possibilidade de diferenciação dos vários centros e de suas principais rotas de ligação e/ou vieses de expansão. Neste quadro, os mapas possuem dimensões semelhantes entre si.



Fig. 42: Continuação: Percebemos que a mancha global de interacessibilidade é composta por um centro histórico pioneiro, além de diversos centros regionais. As ligações entre eles são sempre radiais, em consonância com os vetores de crescimento urbano. Alguns outros centros locais, devido ao grande afastamento topológico do centro – originados por um intenso período de crescimento da trama, dificilmente poderão ser unificados ao centro global.

Esta dificuldade tende a aumentar ainda mais ao tratarmos de cidades com algum desenvolvimento histórico como Porto Alegre. Nosso modelo, dada a simplicidade estrutural que apresenta, permite que espaços sejam comparados entre si unicamente através de suas posições relativas, o que o torna mais fiel em relação aos próprios preceitos teóricos da sintaxe espacial, além de potencializar comparações intertemporais, por mais empíricas que estas possam parecer. E talvez a partir destas esteja a grande contribuição deste estudo: ao se analisar a evolução de uma estrutura espacial urbana através de uma representação claramente associada às teorias de redes, inserimos conceitos que, por comparação e/ou associação, vêm a ampliar o próprio leque de análise da ferramenta/teoria. O exemplo mais marcante disso é forma encontrada para se “narrar” o desenvolvimento dos centros urbanos globais, idéia primordial do estudo em curso. A sintaxe organiza a cidade através de fluxos de movimentação sobre uma base espacial pioneira, de modo os patamares de fluxos tendem a ser convergentes em relação a um centro, retroalimentando esta ocupação e também esta convergência (atração). Assim, as zonas que possuírem os maiores fluxos tenderão a possuir também, cada vez mais, os pontos referenciáveis dentro do sistema urbano (Hillier 1993). O resultado final é um ambiente urbano com diferentes padrões de ocupação e de movimentação. De acordo com essas premissas sintáticas, nosso estudo buscou um método que tornasse possível esta representação de forma evolutiva, isto é, que pudesse descrever a formação e desenvolvimento dos centros urbanos a partir de seus estados progressos. A pretensão era de modelar de forma mais adequada à realidade os centros globais de uma grande cidade. Logo, a opção por Porto Alegre nos pareceu bastante adequada, dadas suas restrições e potencialidades de crescimento. Estas levaram a cidade a descrever um crescimento em que o centro topológico descola-se do centro histórico e tende a se afastar sistematicamente deste. Desta forma, nosso estudo busca modelar um elo de ligação (ou religação), entre eles.

Conforme já fora citado, ao se tratar um sistema urbano como um sistema interligado, cujas relações de conectividade geram a diferenciação desejada, foi possível estudar a cidade a partir de comportamentos de rede.

Dentre estes comportamentos, ressaltamos dois: o primeiro é a forma aleatória de se encarar a evolução do processo. As adições e/ou subtrações da malha são vistas de forma absolutamente casual, cuja explicação para tal, por estar atrelada a diversas inter-relações, pouco importa para o resultado final do sistema. Assim, nos detemos mais ao fato do que às diversas explicações que o fazem surgir. O outro é a emergência de características Small Worlds. Atribuímos a esta propriedade de redes o elo de ligação entre os centros reais e topológicos. Mais do que isso, atribuímos à dinâmica de compressão espacial via percolação, o caminho necessário para se chegar a tal. O processo de formação de núcleos locais de acessibilidade mostra-se como uma estrutura bastante estável por dois motivos: o primeiro e mais básico é o de possuir total correspondência com a estrutura topológica do sistema, ao nível onde são detectadas com maior precisão as mudanças de comportamento das redes, que é o nível local. O segundo, que foi detectado ao longo do estudo, é a capacidade de convergência de valores relativos de integração provocada pela compressão espacial, representada pelas ligações remotas, *superlinks*, ou percolação, propriamente dita, em torno de um ponto-semente, tornando a estrutura local bastante estável. Podemos citar como um terceiro motivo, a metáfora percolativa da obtenção de um ponto crítico, simbolizando a consolidação de um centro global partindo de situações locais ou, como poderia ser mais correto chamar, uma zona interacessível multicentral.

Executando isso, teremos uma metáfora básica de comportamento Small World dentro de um sistema urbano. Apenas isso, porém, não ajudaria a explicar corretamente a formação e evolução dos centros urbanos e, para tanto, voltamos à sintaxe espacial. Ao estabelecer uma espécie de dinâmica recursiva entre movimento e configuração, a sintaxe explica o fenômeno urbano através da acumulação de fluxos e usos. Desta forma, sempre haverá uma construção social sobre estados pregressos. O que nosso estudo busca é modelar não apenas espacialmente, mas também temporalmente esta acumulação, e assim produzir resultados mais equiparados com o ambiente urbano real. A metodologia encontrada para isso foi a de reproduzir centros e multicentros urbanos obtidos pioneiramente nas situações posteriores a esta, como forma de simular temporalmente esta acumulação. Sinteticamente, o que

temos é a modelagem de sólidos centros pioneiros que evoluem, criando uma mancha de interacessibilidade que molda o desenvolvimento dos espaços centrais. Desta forma, o centro global seria o resultado final em cada tempo, da soma de valores de acessibilidade, extraídos em nível local, dos multicentros urbanos. Esta seria a grande diferença na dinâmica urbana, provocada pelo crescimento respaldada pela formação de centros. Sintaticamente, torna-se possível acompanhar a evolução global e a própria diferenciação espacial. Assim sendo, o que vemos é uma cidade que inicia seu crescimento com alguma coesão, aqui representada pelo multicentro unificado. Em um certo momento, dado o crescimento exacerbado do sistema, ensaia-se uma fissão. Novamente a acumulação sintática, sob a forma de multicentros pregressos, capta esta fissão, representada pelo desenvolvimento paralelo de dois multicentros. Após isto, o papel da sintaxe cumulativa torna-se fundamental para acompanhar o desenvolvimento deste quadro e, através dele, percebemos que o sistema se reunifica. A partir disto, há novamente um multicentro local, globalmente estendido. Por seu intermédio, percebemos que a cidade está condicionada a uma grande mancha de interacessibilidade, que acompanha a evolução do sistema e ajuda a indicar o estado de organização interna que o sistema apresenta. Por mais empírico que o teste possa parecer, o que enxergamos é a modelagem de um centro global que surge das pequenas diferenciações e através de uma dinâmica claramente cumulativa, cujos resultados servem como um monitoramento da auto-organização interna da cidade real.

Um outro ponto observado é a aparente boa correlação existente entre os resultados de formação e evolução dos centros obtidos pela modelagem e a consagrada configuração da cidade de Porto Alegre, que tende a uma organização de núcleos concêntricos em relação ao centro histórico, com rotas preferenciais radialmente colocadas. O que acompanhamos durante o processamento é uma disposição de centros urbanos que lembra o aspecto real da cidade. Apesar de não haver uma clareza em relação às grandes avenidas radiais da cidade, percebemos que as ligações preferenciais acontecem sempre de modo a unificar o centro histórico/global com os núcleos restantes de integração.

Análise do crescimento e evolução urbana: configuração relativa dos centros

2000

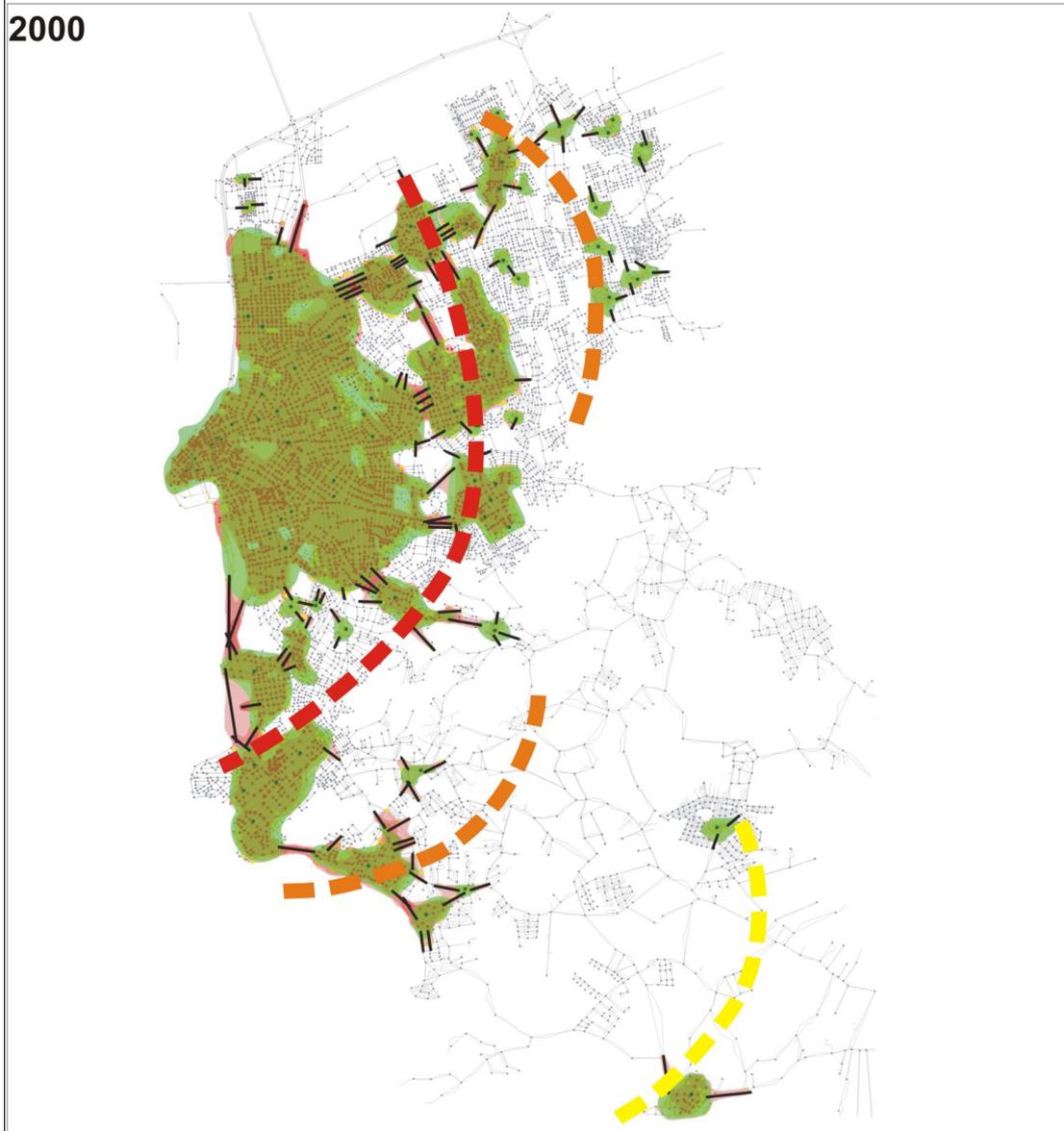


Fig. 43: A configuração final dos centros lembra o consagrado modelo radial/concêntrico da cidade de Porto Alegre.

5.3 SMALL WORLDS E COGNIÇÃO ESPACIAL

Talvez um dos aspectos mais apropriados ao emprego de redes Small Worlds dentro dos estudos urbanos seja a questão da cognição espacial. A formação e crescimento de centros urbanos, de acordo com o que se pode observar na realidade, envolve, além da própria noção de acessibilidade, uma dada soma de processos pessoais e históricos que são cumulativos e que auxiliam no reconhecimento de recortes urbanos como tal. Esta acumulação, para Krafft *et al* (2005; p 02), “envolve forma construída, atividades, usos

urbanos e memória coletiva de tal modo que áreas centrais permaneçam centrais mesmo depois de grandes mudanças nas dimensões da cidade, na sua forma, configuração e nas locações de usos do solo”.

A tradição cognitiva¹⁸ (através da análise do conhecimento espacial obtida a partir da percepção de pontos marcantes da estrutura urbana, associada a noções de espaço a partir de pontos primários que delimitam um determinado território - centro da cidade, centro de bairro, etc, ou então que referenciam um certo percurso), fornece o embasamento necessário para a formação de uma memória espacial.

A aquisição de conhecimento se dá a partir da experimentação espacial do indivíduo e tende a crescer e a se diferenciar, se esta for estimulada e desenvolvida. O espaço de atividades, o leque de caminhos, lugares e padrões de movimento são importantes exemplos de experimentos espaciais que influenciam o conhecimento sobre o espaço e a sua diferenciação em lugares, não importando a idade dos agentes envolvidos no processo. Para Couclelis (1987; p32), “A maioria das pessoas conhece completamente as áreas ao redor de suas residências ou locais de trabalho”. Assim, um modelo básico de aprendizagem espacial sugere que este se desenvolve em uma sucessão de três fases: o conhecimento de Marco, ou seja, um ponto referencial na paisagem; o conhecimento de rota, baseado em rotinas de viagens conectando uma sucessão ordenada de marcos; e finalmente, a diferenciação espacial, que permitirá o uso de desvios e de atalhos, geralmente assinalados em mapas mentais¹⁹, cujos resultados analisados conjuntamente tendem a expressar, com

¹⁸ A cognição espacial trata do estudo do conhecimento e das convicções sobre propriedades espaciais de objetos e eventos, baseado no princípio de que a noção subjetiva de compreensão do espaço atua como mediador de relações entre as entidades que o formam e o mundo físico. Orienta as decisões tomadas em função do panorama espacial e dos padrões de ocupação e movimentação espacial adotados pelos demais agentes espaciais. Igualmente, trata do conhecimento: sua aquisição, armazenamento e recuperação, manipulação e uso por humanos, animais não humanos e inteligência artificial, incluindo em sua base de pesquisa, dados sobre sensação e percepção, pensamento, imagem, memória, aprendizagem, linguagem e padrões de respostas a problemas. Nos humanos, as estruturas e processos cognitivos são parte da mente, emergentes dentro de um cérebro e de um sistema nervoso de um *corpo* que existe em um mundo social e físico. Já as propriedades de espaço incluem local, tamanho, distância, direção, separação e conexão, forma, padrão e movimento. São estas as variáveis que moldarão espacialmente os processos cognitivos.

¹⁹ Principal ferramenta de análise de Estruturas e Processos do conhecimento espacial, que estuda as representações do conhecimento espacial por parte de quem os detém. Foi conceituada por Tolman em 1948, para se referir a modelos espaciais do ambiente representados internamente. O mapa mental contém características de construção do

boas correlações, a imagem de espaço coletivo; muito embora esta atribuição continua na maior parte das vezes restrita a estados temporais, e que apesar de guardar alguma correlação histórica, assim como as abordagens sintáticas tradicionais, não são ferramentas devidamente precisas para análises evolutivas.

Assim sendo, o espaço à luz das abordagens cognitivas tende a parecer bastante diversificado, mas também hierarquizado, convergente e condensado, com pontos referenciais sintetizando uma determinada área de abrangência. Para Krafta *et al* (2005; p 03), “o senso comum diz que a noção de centro é agregativa, significando que, compreendida no conceito, estão pedaços de espaço, formas, ações e práticas. O crescimento afetará mais propriedades de estruturas espaciais, provocando a emergência de novos núcleos de integração, enquanto que outras propriedades permanecerão imutáveis. Como resultado, os centros tendem a permanecer representados como tais, mesmo após seu *status* espacial ter sido modificado”.

Tal como já dissemos no início, estudos de caso em Sintaxe Espacial procuravam ligar diretamente estrutura espacial com prática espacial (medidas de integração com padrões de fluxo são bons exemplos disso). Tais assertivas implicariam em mudanças no comportamento humano seguido por mudanças na estrutura espacial que geralmente não ocorrem. Para Krafta *et al* (2005; p 03), “ao invés disso, alguma instabilidade emerge, novas práticas são geradas e podem eventualmente afetar as antigas centralidades que, não obstante, continuam relativamente inalteradas. A estrutura teórica sintática explicaria isto apenas se a permanência e supremacia de antigas estruturas espaciais, depois de mudanças na estrutura urbana, estivesse implicada”. Desta forma, a cidade cresceria, sua estrutura espacial mudaria, seu núcleo de integração seria realocado e, ainda assim, os padrões de comportamento sócio-espaciais permaneceriam. Ainda segundo Krafta *et al* (2005; p 04), “o único lugar onde as antigas estruturas espaciais poderiam possivelmente permanecer e funcionar, depois de mudanças reais, é na mente dos indivíduos, significando que entre as relações sintáticas e a prática socioespacial existe algo”. Cada agente

conhecimento: noção de elementos referenciais, conexões de rota e relações de distância e direção, assim como atributos não-espaciais e associações emocionais.

urbano acumula durante toda a sua vida informações relativas ao espaço, desde o início até o fim de sua vida. Cada agente cria seus próprios pontos referenciais, a partir dos espaços que lhe são mais importantes, geralmente seus pontos de origem e destino cotidianos (sua residência e seu local de trabalho ou estudo). A partir destes espaços individualmente importantes, o agente urbano vai conhecendo e assimilando os espaços que lhes são adjacentes, à medida que circula pela cidade, correlacionando suas experiências e sua vivência em ambiente coletivo com o uso e com o significado social que deles irradia. Assim, mudanças na trama urbana envolvem um processo de reaprendizagem e requalificação de pontos referenciais e de decisões de fluxos. Tais decisões, tomadas individualmente, possuem pouca expressão. É preciso ponderar, no entanto, que cada um dos indivíduos, a partir do momento que as toma, acaba influenciando seus co-existentes e sendo influenciado pelas escolhas paralelas de cada um deles, fazendo da cidade, em suma, uma externalidade provocada pela repetição infundável das escolhas e decisões dos agentes que a habitam. Pensa-se a cidade como um sistema complexo e descentralizado, sinergeticamente alimentado e retro-alimentado.

5.5.1 CONHECIMENTO E APRENDIZADO ESPACIAL

Deste processo acabam se destacando alguns lugares que possuem um significado individualmente central para uma grande soma de agentes. Geralmente, estes lugares são os principais destinos dos deslocamentos dos agentes pela malha urbana, ou os principais referenciais de percurso. Logo, em morfologias suficientemente diferenciadas, caso das metrópoles urbanas, estes lugares acabam geralmente se convertendo em espaços de trabalho ou em pontos de orientação, por possuírem um maior fluxo de pessoas e devido a isso, um maior potencial de convívio coletivo, vindo a se tornarem os principais *centros locais* do sistema, por acumular, além dos maiores índices de fluxos, uma construção histórica, social e cultural muito bem definida e avançada. Para Krafta *et al* (2005; p 04), “o núcleo de cada agente é único porque reflete suas experiências espaciais pessoais ao longo do tempo, apesar de que grandes partes deles são compartilhadas com outros agentes, já que o método

empregado para a construção dos núcleos é objetivo (sintático), e exatamente igual para todos. O resultado totalizado disso seria a existência de núcleos comuns para a maioria dos agentes, ou seja, os núcleos urbanos”.

Desta forma, o crescimento físico da cidade significaria a inclusão de mais agentes no sistema e, assim sendo, do reforço da imagem de zonas centrais, aqui representadas resumidamente por espaços referenciais. Temos também o reforço, senão a construção, de novas rotas preferenciais de deslocamento para estas zonas. Mas especificamente nas novas adições à malha, o aprendizado espacial geralmente estará restrito ao agentes que ali residem. Desta forma, o modelo serviria como um emulador dos processos de construção mental, uma ferramenta de monitoramento da imagem urbana, na medida em que mapeia referências e vias, sem a pretensão de atribuir classificações – centros de caráter financeiro, centros cívicos etc, e/ou juízos de valor – centros obsoletos, centros modernizados etc, acerca das mesmas.

Passamos, dessa maneira a compreender os modelos mentais de cidade como redes aleatórias em que todos os espaços estariam conectados uns aos outros por um caminho lógico e existente. Tais modelos tenderiam a apresentar características típicas de modelos Small Worlds. O que de fato parece acontecer à medida que a cidade cresce é o fortalecimento proporcional dos centros locais previamente identificados na estrutura urbana, através de novos e adjacentes espaços que vão sendo soldados aos espaços históricos, conforme os mecanismos cognitivos de aprendizagem espacial já enunciados anteriormente. Os demais espaços urbanos acabam sendo obliterados e representados mentalmente como espaços submetidos ao domínio hierárquico de espaços referenciais. Mentalmente, os indivíduos se movimentariam pela cidade ‘pulando’ de núcleo para núcleo, de modo que esta, a cidade, tornar-se-ia uma estrutura acessível, onde todos os espaços estariam localizados a apenas alguns passos de profundidade entre si.

Desta forma, o funcionamento dos modelos mentais passa a ter caráter compressor: temos a identificação de alguns espaços significativos e a associação de grandes quantidades de espaço a estes e, com isso, cria-se mentalmente uma imagem individual. Tal imagem, como já foi citado, tende a possuir vários espaços compartilhados pelos demais agentes urbanos,

formando a imagem da cidade. De acordo com nossa teoria, este seria o conceito de imagem urbana, formada unicamente pela experimentação socioespacial. Complementando nosso panorama teórico, precisamos agora compreender como se daria a construção desta imagem.

5.5.2 COMPRESSÃO ESPACIAL E FORMAÇÃO DE IMAGEM URBANA

Este papel é desempenhado pelas teorias percolativas. Conforme o que já fora escrito, a Percolação possui um conceito genérico e abrangente o suficiente para poder ser usado na construção da temática, pelo seguinte motivo: envolve fluxos e acumulação dentro de um sistema dinâmico. Isto significa que, assim como o estudo evolutivo urbano, a percolação só faz sentido na presença da dimensão temporal. Seu papel é o de simular a formação de uma identidade, através da coligação de pedaços adjacentes *provavelmente* candidatos a fazerem parte de um núcleo local de integração. O que se pretende com isso, é formar um espaço composto por diversos pontos na estrutura urbana, onde, uma vez acessado, permita uma passagem direta para qualquer outro ponto adjacente ao núcleo, encurtando distâncias topológicas de locomoção e provocando, assim, o que Krafta *et al* (2005; p05) define como *compressão espacial*: “a compressão espacial é um passo adiante na representação interna da cidade, seguindo a diferenciação espacial, por fazer vários espaços serem representados por um único. A percolação é usada aqui como um mecanismo de formação de núcleos ao redor de um centro, geralmente formado por pedaços de espaço, que se torna uma única entidade. De acordo com isso, os núcleos são lugares ou endereços em que toda uma área urbana é estocada, controlada e revisitada pela memória dos agentes. São entidades, constituídas pela fusão dos espaços mais localmente integrados do sistema. Este tipo de estrutura é altamente estável”. Outra vantagem no uso de modelos percolativos é a praticidade de seus resultados e de seus objetivos, que tendem a reforçar o emprego de modelos mentais serem encarados como redes do tipo Small World.

A idéia é transformar a percolação em uma propriedade recursiva, soldando os espaços adjacentes de maiores valores de integração local em núcleos pré-formados. Esta estratégia seria repetida seguidamente até a

obtenção de um ponto crítico. Em outras palavras, o que se procura é simular um sistema onde, a partir de uma posição inicial, todos os pontos estão separados uns dos outros pelos mesmos critérios de profundidade relativa. Neste caso, a profundidade média do sistema seria bastante alta num primeiro momento. A partir da identificação topológica dos pontos localmente mais integrados do sistema, os adjacentes mais bem hierarquizados vão sendo sistematicamente soldados a estes. Repetindo-se este procedimento, gradativamente o sistema tende a ficar mais agrupado em pequenos clusters, mas a profundidade média entre os espaços do sistema continuará bastante alta. Em determinado momento, algumas poucas conexões unirão os clusters entre si, formando um único grande agrupamento, envolvendo totalmente o sistema. Quando isto – o ponto crítico propriamente dito, for verificado, as distâncias topológicas do sistema experimentarão uma drástica redução, vindo a serem limitadas por uma pequena seqüência de passos, de tal forma que qualquer outra percolação subsequente não causará nenhum reflexo tão ou mais importante do que o verificado quando do alcance de tal ponto. Por conseguinte, o ponto crítico marca o final da Percolação do sistema, a otimização da compressão espacial e a verificação de um sistema com características de Small Worlds. Atingindo tal desenvolvimento, poderemos também validar a idéia de que, entre a estruturação espacial e o condicionamento de fluxos, existe o condicionante do imaginário urbano, que vivencia a cidade de acordo com suas experiências, e que por isso a sintetiza em poucos, mas acessíveis espaços marcantes. De acordo com o que pensamos, a formação de uma memória espacial, e por conseqüência de uma imagem urbana, seria o ponto de ligação entre a configuração urbana e a sistematização de fluxos urbanos, vindo a propor uma explicação e uma solução para a dissonância tradicionalmente verificada entre centros urbanos reais e topológicos, à medida em que a cidade cresce, diferencia-se e evolui.

5.5.3 SIMULAÇÃO PERCOLATIVA COMO MODELAGEM DA IMAGEM URBANA:

Tendo este prévio desenvolvimento teórico, podemos dizer que o modelo proposto pode ser tido como um simulador especulativo da imagem

urbana. Esta seria compreendida como a própria mancha de interacessibilidade: sendo estas as áreas de convergências de fluxos, parece-nos natural pensa-las também como as áreas cognitivamente convergentes, por serem dotadas de uma maior acumulação de experiências e agregações, constituídas historicamente.

Isto significaria dizer que os agentes urbanos teriam uma clara noção de centro e periferia. Mais do que isso, poderíamos aferir que as zonas centrais seriam representadas cognitivamente pelos pontos-sementes, sendo estes os espaços tidos como os marcos referenciais de lugares centrais da cidade, comprimindo em sua percepção todos os demais espaços aos quais este aparece coligado. O que a simulação puramente analisada não mostraria com tanta nitidez seriam as noções de rotas preferenciais de acesso às áreas centrais. Para tanto, tentaremos mapear experimentalmente os centros convexos e as preferências de ligações (de centro para centro e de centro para o tecido não-diferenciado) através de eixos. Sua dedução é através de perfilamentos de pontos notáveis coligados a pontos-sementes de um ou mais centros, ou então por possuírem um afastamento geográfico maior do que a grande maioria dos demais pontos ligados ao vértice principal, conferindo a este uma forma radial. Assim sendo, estes segmentos de reta podem tanto pertencer a dois centros simultaneamente, criando um corredor de integração e, portanto, uma zona multicentral de interacessibilidade, como também pertencer a apenas um centro e servir de rota preferencial de acesso a uma área central. A combinação destes dois marcos (o de lugar e o de passagem) resulta nos pilares de uma estrutura cognitiva. Chegamos a elas através das simulações. Representando os resultados como formações côncavas dotadas de raios de fuga, teremos uma representação coerente de uma imagem urbana sob qualquer que seja a escala analisada: marco, meso e/ou micro.

Analisando as aplicações sob este aspecto, ao iniciarmos a rotina de procedimentos, o que vemos é a emergência de uma imagem literalmente global: temos um centro urbano que estende seus pesos uniformemente pela cidade, sem rupturas neste centro. Este panorama é mantido até o ano de 1919. Mesmo que neste mapa tenhamos a detecção de um centro local não percolado, percebemos claramente que o centro global vai se formando através

de outros centros notadamente locais que se coligam convergentemente ao centro histórico da cidade, sendo este formado desde o início da modelagem. Este centro domina a paisagem urbana, permitindo que se imagine um claro percurso ligando todas as áreas da cidade. Temos, portanto, uma imagem global unificada e teoricamente bastante cristalizada na representação mental dos agentes urbanos.

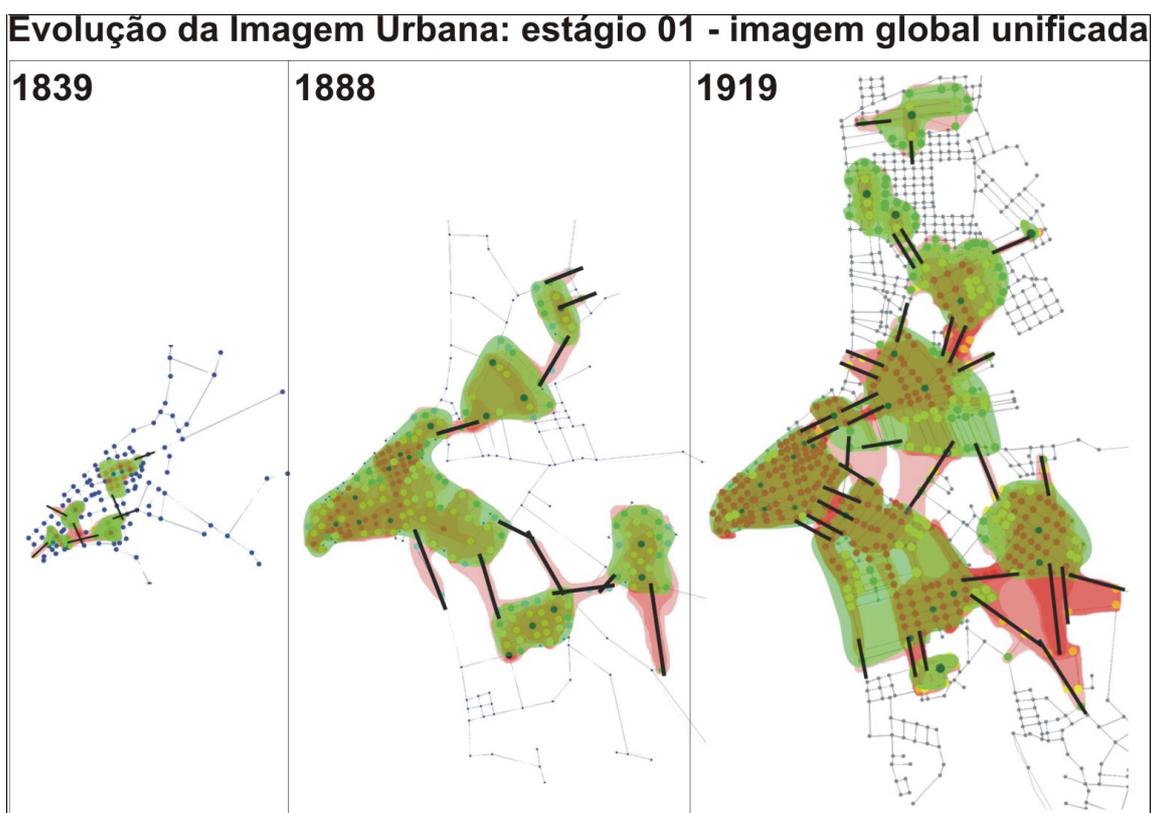


Fig. 44: O que podemos chamar de formação e evolução de uma imagem urbana de Porto Alegre passa necessariamente pela sistematização de um centro global delimitado. Vemos que o panorama inicial deste processo é de forma unificada, com os centros se conectando através de rotas preferenciais (traços pretos) e zonas multicentrais locais representadas pela mancha de interaccessibilidade (em verde), gerada pela compressão espacial de pedaços de espaço a partir de um ponto-semente (pontos em verde-escuro) . Estes últimos representam a idéia de marco referencial de espaço de destinação fina (ou centro, propriamente dito).

Este quadro começa a mudar a partir do ano de 1935. Neste mapa, vemos que a trama passa por um período de intenso crescimento (mais de 300% em relação a 1919, passando de pouco mais de 1000 pontos para mais de 3200 entidades) e aparente descentralização. Conforme já fora enfocado, o exercício mostra o surgimento de diversos centros locais os quais, ao atingirmos o ponto crítico, ainda aparecem desconectados da mancha de interaccessibilidade global. Isto se dá predominantemente ao sul do centro histórico, mas também acontece a nordeste. Os centros locais que emergem a leste são percolados (e

este é o momento em que convencionamos ser o ponto crítico da simulação). Esta situação é reforçada na simulação seguinte, o ano de 1968. Também já fora mencionado anteriormente que neste ano convencionamos como ponto crítico o momento em que a grande maioria dos núcleos locais ao sul do centro histórico se unem para formar um centro cuja importância poderia ser considerada regional.

Evolução da Imagem Urbana: estágio 02 - imagem global fragmentada

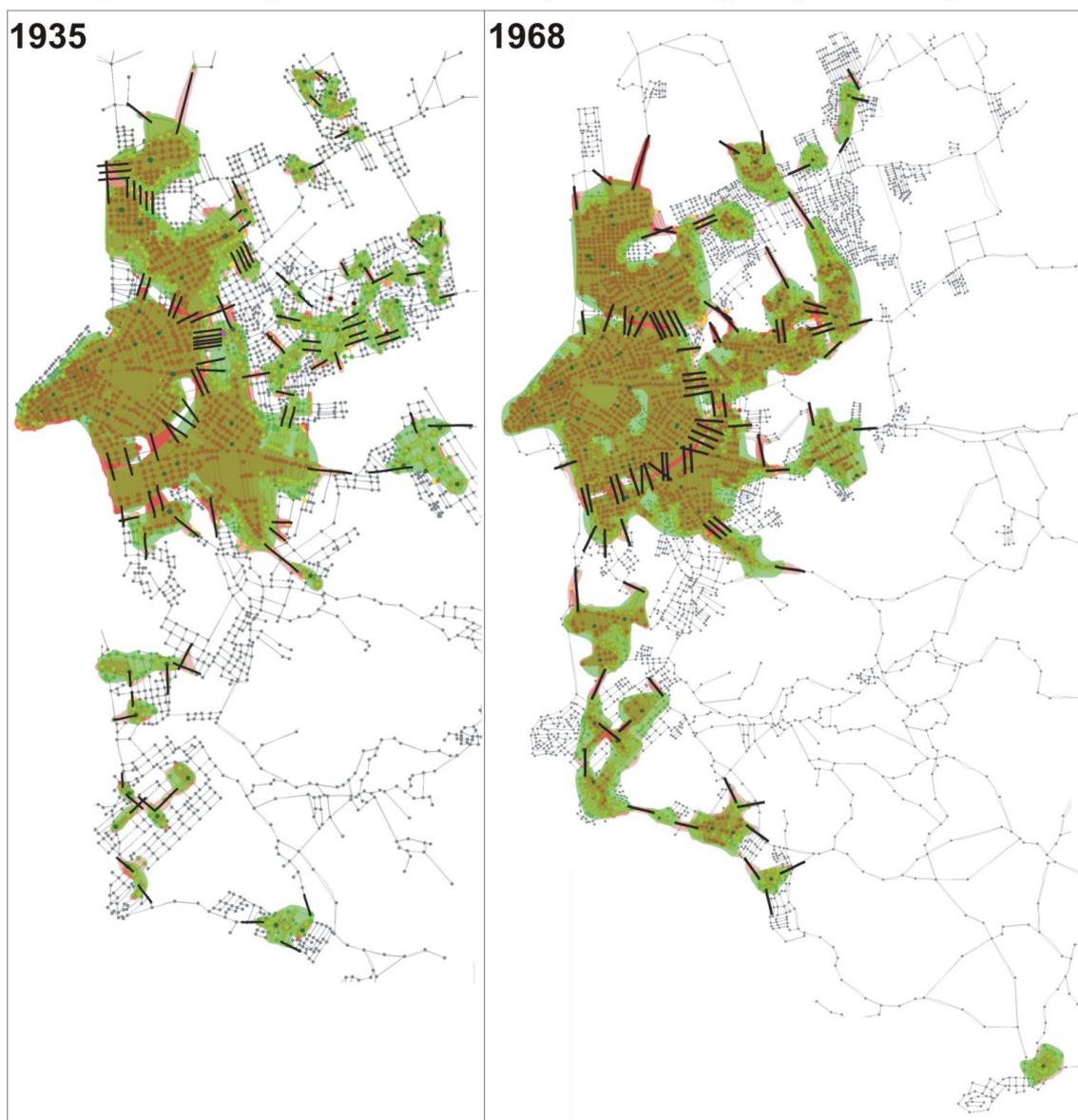


Fig. 45: Num segundo momento, a imagem urbana aparece desagregada, motivada pelo rápido crescimento urbano apresentado na passagem do ano de 1919 para 1935. Devido a este intenso crescimento, a cidade ensaia uma ruptura na representação global urbana, uma vez que o centro histórico/global estende seu peso de forma desigual ao longo da cidade, concentrando-se ao centro e ao norte. No ano de 1968, configura-se um centro urbano regional, mais linear, que possivelmente incorporaria boa parte da representação mental da cidade para a parcela de agentes urbanos que costumeiramente a acessam.

Configuracionalmente, poderíamos explicar isso como um reflexo do extremo crescimento observado no mapa anterior e a busca do sistema de uma condição de equilíbrio. Esta leva à emergência de um centro específico para a região, devido à impossibilidade verificada através da simulação do centro global de acompanhar tão extremo crescimento urbano. Cognitivamente, o que teríamos seria uma ruptura na inteligibilidade urbana. Isto significa que os agentes urbanos teriam uma percepção diferente acerca da totalidade urbana, havendo incongruências de representação interna. De acordo com a presente simulação, a maioria dos agentes urbanos imaginaria a cidade desconsiderando num primeiro momento a zona ao sul do núcleo histórico. Muito provavelmente por não haver uma ligação concisa entre os dois centros, o histórico/global e o regional, fazendo com que ambos encontrem-se topologicamente distantes. Neste momento, teríamos a acumulação paralela de processos construtivos e históricos nestes dois centros, mesmo que em proporções hierarquicamente diferenciadas.

O que vemos no mapa do ano 2000 é de certa forma um retorno à antiga condição de imagem global unificada e estendida ao longo da cidade. Acreditamos que isto se deve ao fato de que a cidade não experimentou mais nenhum crescimento, territorial ou de rede, semelhante àquele observado entre 1919 e 1935. A adição da ordem de mais de 300% verificada entre 1919 e 1935 (passando de cerca de 1000 para mais de 3200 pontos) não é observada nem durante o intervalo de 1935 a 2000 (de 3200 a cerca de 9000 vértices). A grande tendência de ocupação durante este período foi a de povoamento de muitos dos vazios urbanos criados, além de novas rotas de transporte criadas para permitir ligações mais facilitadas entre as diversas zonas urbanas. Assim sendo, o grande movimento nos últimos sessenta e cinco anos foi no sentido de ocupação intraurbana. Este movimento é captado na modelagem. E é através da captura dessa nova instância auto-organizativa que podemos avaliar o desenvolvimento da mancha de interacessibilidade que irá mapear a extensão da imagem urbana. Ela mostra que o centro histórico/global e o centro regional situado ao sul tocaram-se mutuamente através da configuração de algumas claras alternativas preferenciais de deslocamento, minimizando distâncias topológicas de acesso à essas áreas. Paralelo a isso, outros centros

locais são incorporados ao multicentro global. Vemos também algumas poucas aglomerações notáveis que possivelmente num futuro próximo estarão sendo adicionadas a ele. Alguns outros centros, no entanto, possuem chances mínimas de serem agregados ao centro global, devido ao seu grande afastamento topológico, aqui vistos tanto como níveis de profundidade quanto como distância geográfica.

Evolução da Imagem Urbana: estágio 03 - imagem global reunificada

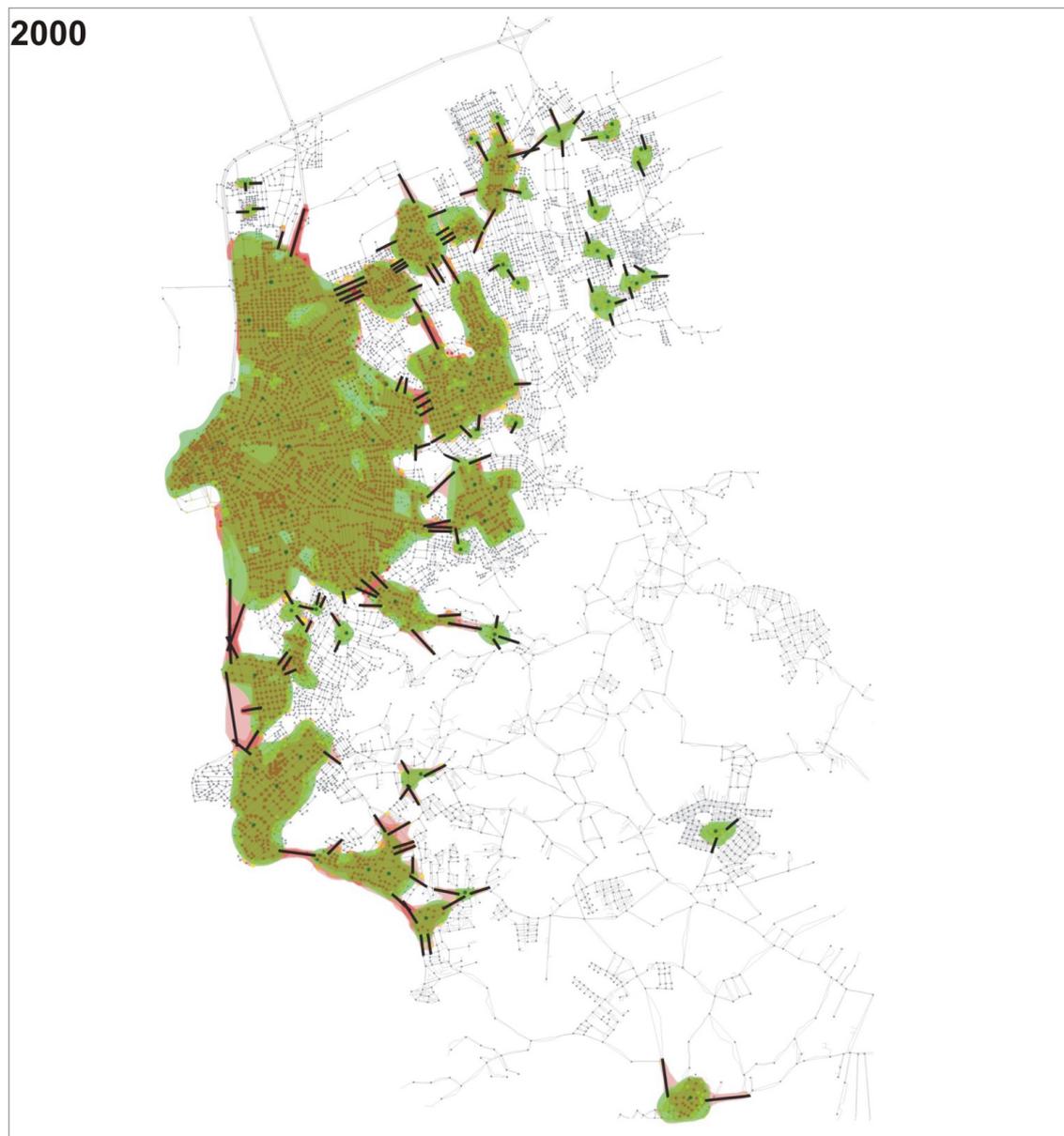


Fig. 46: Após a ruptura intermediária, vemos que a imagem global se consolida de forma unificada, com um grande multicentro histórico/local coligado a uma grande soma de centros locais através de rotas bem estruturadas. Alguns outros centros locais permaneceram intocados pela mancha de interacessibilidade global, significando que até este momento, eles possuem uma representação mental bastante consolidada em nível local, muito embora, em nível global, esta representação tenda a ser inócua.

Portanto, a idéia geral que temos desse último quadro simulatório, é a de uma imagem de cidade realmente global, onde os agentes urbanos podem construí-la claramente em suas representações mentais, através de Marcos referenciais de Centro, resumindo determinadas porções de território urbano, eficientemente articulados através de Rotas preferenciais de Movimentação. Não obstante, temos também casos em que os centros locais, por não se coligarem com o centro global, serão percebidos por uma minoria de agentes urbanos, mais condicionados a ocupar e transitar por estas áreas localizadas.

Finalmente, em sua totalidade, a imagem urbana final contempla uma grande área de integração ancorada em processo históricos e evolutivos, com rotas bem conhecidas unindo centros locais e regionais periféricos formando o que convencionamos chamar de Representação Global da Cidade; além de centros esparsos afastados e não unificados, de importância tão somente referendada aos níveis locais de integração, os quais geralmente tendem, de acordo com nosso raciocínio teórico, a escapar da imagem coletiva da cidade.

7. CONCLUSÕES

A seguir serão apresentadas as conclusões sobre o trabalho realizado, avaliando o grau de êxito que o estudo obteve na comprovação de suas hipóteses e baseadas nos objetivos e métodos adotados. Apresentaremos as assertivas construídas através da verificação empírica dos testes e do estudo de caso. Montaremos uma avaliação dos resultados alcançados, destacando potencialidades e limitações da abordagem realizada. Por fim, serão indicados os caminhos que parecem ser os mais adequados para o prosseguimento futuro das investigações.

Antes disso, é importante salientar que o caráter do estudo sempre orbitou em torno da experimentação metodológica, montada em cima de uma teoria interdisciplinar que aliou novas correntes e tendências de pesquisa com já consagradas ferramentas e teorias de avaliação urbana. O resultado se mostrou promissora e favorável a prosseguimentos e refinamentos de pesquisa, além de permitir novas interpretações de resultados e com isso ampliar a esfera de interesses e de aplicações dentro do espaço da cidade.

6.1 DAS HIPÓTESES DE PESQUISA, OBJETIVOS E MÉTODOS ADOTADOS

O estudo empírico pode ser dividido em duas temáticas. A primeira, probabilística, enfocou o crescimento urbano através de paradigmas de rede. Isso permitiu comparar sua evolução a fenômenos cuja explicação se deve a propriedades emergentes tão somente das relações de conexão de rede. A segunda, analítica, buscou a adequação dos resultados obtidos durante a modelagem às questões configuracionais urbanas

Sintetizada na seguinte sentença, repetimos que o tema central abordado pelo trabalho foi posto como sendo o de *desenvolver experimentalmente uma rotina simples de procedimentos, baseados unicamente em relações de conectividade interna da malha que, repetida, pudesse simular como maior verossimilhança o fenômeno de formação e evolução de centros urbanos do que medidas e ferramentas tradicionalmente usadas para tal.*

O problema principal a ser pesquisado dentro desta temática foi a *influência que a evolução dos centros urbanos teriam no delineamento dos comportamentos espaciais e no gerenciamento da unidade do sistema.*

Também nos interessamos em *explorar novas formas de representação espacial que levassem em consideração a influência dos estados configuracionais intra-urbanos anteriores, montando uma narrativa espacial mais adequada à inerente ocupação humana do espaço.*

Para esta problemática, levantamos como hipótese principal a idéia de que *O crescimento urbano muitas vezes leva a uma dissociação dos centros vivos – identificados na realidade, dos centros topológicos – identificados na maioria dos estudos de simulação e modelagem de estados. O elo que os ligaria novamente estaria no fato de que as antigas morfologias urbanas exerceriam um peso diferenciado nas análises de estado subseqüentes. Devido a estudos que comprovam que os comportamentos espaciais são melhor identificados em escala local, os centros urbanos, históricos ou recentes, seriam melhor identificados também na escala local. Isto significaria que os centros globais atuais, na verdade, são formados pela intersecção entre os diversos centros locais que emergem ao longo do crescimento urbano e, como tal, servem também como monitoradores do crescimento e da unidade urbana.*

Esta hipótese conduziu a uma revisão bibliográfica das áreas consideradas relevantes para o problema em mãos. Levou também à construção de um raciocínio teórico mesclando teorias consagradas com reinterpretções de novos estudos interdisciplinares. O material produzido está contido no capítulo 2, de revisão teórica. Também buscando a confirmação da hipótese principal, foi elaborada uma descrição metodológica em que apresentamos a pormenorização de um modelo computacional para o estudo

evolutivo de redes urbanas conectadas. Em seguida, formalizamos as principais ferramentas de análise e demonstração gráfica, visando a maior transparência possível no tratamento dos resultados e as posteriores aferições de pesquisa. Isto encontra-se mencionado no capítulo 03, de Metodologia e Instrumentação.

Com base nestas premissas de pesquisa, o que vimos é que a hipótese principal do presente estudo confirmou-se como sendo verdadeira. Sua verificação, entretanto, demandou experimentos prévios cujo grau de aleatoriedade foi gradativamente ampliado. Primeiramente, confirmamos através de um teste de validação do modelo (teste de validação 01, Cap.03, pg77) a hipótese de conservação de espaços tidos como centrais mesmo após o crescimento periférico da malha. Esta comprovação foi feita tomando-se o centro local inicial do sistema e sua manutenção e tendência de crescimento são verificadas no estado final do próprio. Esta mesma comprovação, fundamental para o prosseguimento exitoso do estudo, foi comprovada nos dois experimentos subseqüentes, o segundo teste de validação do modelo e o estudo de caso propriamente dito. Em ambos os casos, o aumento do tamanho dos sistemas, o que contribuiu conseqüentemente para um aumento da complexidade destes, relativizou os resultados obtidos, garantindo assim uma maior adequação com o que observamos na realidade. Temos o surgimento de centros globais a partir da coligação de centros locais. Mas temos também a simulação de outras configurações verificáveis em âmbito real, caso de centros regionais com promissoras chances de crescimento e centros locais que reúnem as mesmas condições do anterior. Temos ainda a presença de centros locais que dificilmente reunirão condições de conectividade relativa para se desenvolverem, vindo por fim a se tornarem estáveis, mas podendo desaparecer, caso seu peso seja superado pelo crescimento e diferenciação global da malha.

Contudo, o mais importante ainda é a definição de um centro global mais assemelhado ao ambiente real. Em contraste com apurações convencionais nas quais os espaços globalmente mais integrados do sistema movimentam-se e afastam-se do centro histórico de Porto Alegre – constatação que é mostrada paralelamente à demonstração gráfica da rotina de procedimentos, o que o

modelo obteve foi a cristalização de um centro global formado a partir de diversos centros locais cuja verificação tem raízes nos diversos estados temporais presentes na modelagem. Isto contribuiu para um crescimento ponderado das zonas centrais, evidentemente balizado pelos critérios probabilísticos propostos na metodologia.

Também confirmamos a última assertiva da hipótese, que atribui aos centros locais um papel relevante na monitoração da unidade urbana. Isto foi obtido através do estudo de caso. Considerando-se que uma cidade encontra-se unificada quando existe somente um centro global que reúna a grande maioria dos centros locais, a narração do crescimento urbano de Porto Alegre através da presente modelagem mostra configurações distintas ao longo do tempo, revelando também distinções relativas à própria unidade. Sendo de caráter local, os centros identificados servem como um ‘termômetro’ da movimentação de agentes e da acumulação morfológica em níveis de vizinhança. Com o díspare crescimento urbano verificado em meados do século XX, detectamos uma grande proliferação de centros locais pelo interior da trama. A análise dos estados posteriores indica que boa parte dos novos espaços urbanos foram criados para preencher vazios deixados pelo inchaço territorial anterior. Na simulação, isto é representado pela aglutinação destes centros, os quais, no caso específico da zona sul no ano de 1968, chegou a configurar um centro de porte regional. No mapa do ano 2000, porém, houve uma reunificação da grande maioria dos centros locais, deixando alguns poucos separados da grande mancha de interacessibilidade. Concluímos a partir desta narração que a cidade de Porto Alegre, a partir de um dado momento, acusa uma notória fragmentação configuracional – caracterizada pela detecção de inúmeros centros locais afastados do núcleo de integração global, devido ao seu crescimento desmedido. Os estágios posteriores narram um movimento auto-ordenativo destes centros, culminando em um estado de movimentação e acumulação física paralela – caracterizada pela existência de dois centros, o global e um “regional” ao sul, descrevendo assim o ápice do que podemos chamar de sistema não-unificado, devido à dualidade de convergência de movimentação e acumulação física detectada através da aglutinação dos centros locais anteriormente dispersos. Quando, no mapa do

ano 2000, estes dois centros se encontram, concluímos que o sistema se reunifica, promovendo novamente uma convergência de fluxos de matéria e energia que abrange toda a cidade e estendendo o controle global sobre os vetores de crescimento urbano.

Esta hipótese principal foi reforçada com quatro hipóteses referentes a questões complementares. Elas encontram-se descritas a seguir.

Poderíamos dizer que *O centro global não seria uma zona única e coesa. Ao invés disso, seria composto por diversos centros locais amalgamados entre si através de espaços notáveis que incorporariam a importância topológica de toda uma área e conexões de espaço notável para espaço notável e de espaço notável para o tecido urbano não-diferenciado bastante claras.*

Em relação a esta hipótese, o que procurávamos era uma forma de reproduzir adequadamente esta característica observada na realidade: a de que o ambiente urbano se organiza em sub-áreas segmentadas devido à aplicação de algum critério geralmente aceito (zoneamento em bairros, centros históricos e centros atuais, zonas de função residencial/comercial/industrial, dentre outros). Após a identificação destes tecidos, o próximo passo verificado é na emergência de vias principais de locomoção entre elas. Partindo-se deste paradigma configuracional, verificamos que empiricamente esta hipótese também é atendida. O exercício feito com base nos critérios adotados de compressão espacial conseguiu mesmo experimentalmente detectar este comportamento, na mesma seqüência que a cidade o reproduz. O presente trabalho, por se tratar de uma investigação topológica, adotou como critério de diferenciação espacial a medida de Acessibilidade em nível local. Para auxiliar na confirmação desta hipótese, montamos também uma técnica de representação sintática (modo Dual) e exploramos uma demonstração gráfica baseada em manchas e em captações experimentais de rotas preferenciais. Isto nos pareceu necessário pois ao tratar os espaços como nódulos e as ruas como segmentos que os conectam entre si, o trabalho de mapeamento das regiões convexas intra-urbanas tornou-se mais facilitado, devido à distância física geralmente pequena entre os vértices. Logo, as áreas localmente mais acessíveis naturalmente tendem a se organizarem de forma circular em relação

a determinado ponto. Com o andamento da simulação, os espaços responsáveis pelas ligações pioneiras entre estes centros são tidas como as vias principais de locomoção entre estes centros. Apesar de neste caso a representação sintática ser menos eficiente do que a representação tradicional por linhas axiais, esta captação acaba sendo facilitada pelos “vazios urbanos”, tidos aqui como grandes lugares intra-urbanos que atuam como restritores de movimentação (parques urbanos e acidentes geográficos, por exemplo), além do próprio crescimento natural da cidade. As simulações mostraram que tais obstáculos influem na emergência dos centros. Mais do que isso, atuam como seletores de percurso, devido à relativa menor quantidade de pontos e conexões que ligam as áreas separadas por tais hiatos. A modelagem puramente aplicada e demonstrada graficamente através da mancha de inter acessibilidade, mostrou-se pouco eficiente ao prever estas diferenças de pontos de centro e pontos de rota. Ao experimentar uma definição de centros convexos e de rotas de ligação axiais, obtivemos um maior êxito na comprovação desta hipótese. O que concluímos com isso é que independente do critério de compressão espacial adotado, o presente estudo sintático evolutivo pode ser capaz de reproduzir padrões de movimentação e acumulação morfológica adequados à realidade da cidade e do histórico de seu crescimento.

Outra hipótese complementar que pensamos especula que *por causa de um fenômeno verificado topologicamente o qual podemos chamar de “compressão espacial”, a cidade poderia ser pensada como uma rede hierarquizada e sintética, onde as distâncias intraurbanas seriam comprimidas e vastas áreas do território da cidade poderiam ser representadas por alguns poucos espaços notáveis de centro e/ou de rotas de transição, o que facilitaria desta forma o fluxo de matéria e energia dentro da malha urbana.*

Esta hipótese não foi totalmente verificada pelo estudo e, segundo o que foi pesquisado e analisado, não pode ser considerada como completamente verdadeira. O que se especula através da hipótese é que a cidade poderia funcionar, através da identificação de pontos referenciais de acesso e de deslocamento, como uma grande massa espacial encapsulada em poucos espaços conectados, permitindo uma movimentação global exponencialmente

mais rápida através de ligações remotas, comportando-se assim uma rede do tipo Small Worlds. Desta forma, entenderíamos que a maioria absoluta das atividades sociais poderia ser representada pela movimentação e fixação de agentes em torno destes pontos notáveis organizados em centros e rotas.

O que o estudo mostra é que a despeito de se poder simular a formação de centros e rotas em nível de vizinhança, muitas áreas da cidade ainda permanecem alheias a tudo isso, refletindo comportamentos sociais incipientes.

Acreditamos que esta não-verificação da hipótese passe por dois tópicos que se complementam mutuamente, um de caráter real e outro de caráter especulativo. O primeiro é que a cidade, por mais que a tratemos como uma rede cujo crescimento e evolução tenda a assumir comportamentos e características de sistemas complexos, devido à sua imprevisibilidade e tendência à auto-organização, ela ainda assim é um organismo concreto, cujos estados pregressos e conexões remotas em diferentes camadas (por subsolo, mar e ar) estão condicionadas a leis tanto físico/geográficas quanto econômico-mercadológicas.

Em outros termos, existem uma série de barreiras e restritores que impedem que os espaços da cidade possuam ligações diretas reais com partes muito além de sua vizinhança. Por conseguinte, para se estudar tais obstáculos e inseri-los dentro das teorias de redes, seria necessário propor novos critérios de compressão espacial, diferentes do que o estudo propõe. Basicamente o que encontramos no trabalho são aferições acerca de percolações dos espaços mais bem colocados no ranking geral de Acessibilidade R3, em alguma proporção arbitrária. Podemos chamar isso de quotização absoluta e de certa forma este critério ajuda a separar as áreas urbanas que concentram a maioria dos destinos da movimentação global.

Critérios que levem em conta uma quotização relativa, ou seja, tomados a partir de uma detecção seletiva de pontos notáveis por posição relativa (um ponto seria notável se ocupar um melhor posicionamento no ranking de acessibilidade em relação aos seus espaços adjacentes) e após isso, da aplicação de uma probabilidade de percolação, podem em tese detectar de modo mais completo a atividade social urbana localmente distribuída e promover um mapa mais balanceado de espaços centrais e ligações remotas.

Por fim, o fenômeno de formação de centros urbanos seria espacialmente cumulativo, no qual pré-existências pioneiras tenderiam a ampliar probabilisticamente seus pesos através de conexões remotas. O centro global encerraria dentro deste conceito uma zona multicentral local e interacessível, criando um elo espacial (através de rotas preferenciais de movimentação) e histórico (centros pioneiros sendo conectados a centros contemporâneos).

Isto contrasta com a idéia tradicional de investigação configuracional. Levando-se em consideração apenas estados de organização, cujas relações entre estes não possuem respaldos estruturais coesos, os centros – mesmo os locais, tendem a uma flutuação aleatória, atrelada ao crescimento tido também como aleatório, se visto à luz das teorias de redes.

Apesar de tida como complementar à especulação principal do trabalho, que admite que um centro global é constituído por diversos centros locais conectados entre si, esta hipótese ajuda a preencher o cerne da pesquisa, ao agregar uma noção evolutiva a esta formação. Contida nela está o esforço de se reproduzir empírica e metodologicamente o quadro real da evolução de centros das cidades. Nestas, sempre há associações de significado e comportamentos sociais com características históricas da cidade. O estudo apresentado a confirma, e isto tem a ver com o raciocínio teórico. Nele há uma preocupação focada em criar estruturas diferenciadas segundo algum critério topológico. Mais ainda, de reproduzir a estabilidade destas estruturas, algo bastante presente em ambientes reais. O resultado foi a formação de centros locais conectados que acompanham o crescimento urbano, criando uma narrativa seqüencial à esta evolução. A análise das manchas de interacessibilidade ajuda ainda a formar um histórico de apropriação territorial e seu feed-back na forma de usos sociais. Desta forma, morfologias antigas respaldam o desenvolvimento urbano e mostram-se ainda com relativa tendência a se tornarem referência de posicionamento relativo dentro do ambiente da cidade.

Isto parece se tornar ainda mais evidente quando examinamos a construção de uma imagem urbana global como conseqüência do processo

evolutivo do núcleo de interacessibilidade local. A associação da imagem global com a noção de centros urbanos e de vias referenciais de mobilidade parece se refletir na ocupação do espaço. Percebemos que as zonas centrais organizam-se segundo um gradiente de acumulação que lembra bastante a cidade concêntrica de Alonzo/Von Thünen. Temos centros mais coesos junto aos espaços históricos. À medida que nos afastamos disto, os centros tornam-se mais rarefeitos. As ligações preferenciais enfatizam esta paisagem, organizando-se principalmente de forma radial/concêntrica. Temos assim, mesmo que de forma experimental, uma reprodução de comportamentos sociais semelhante aos observados na realidade. Temos uma imagem de organização interna que consegue reproduzir a diferenciação espacial com base em pontos de referência muito claros e aceitos pela maioria.

6.2 DAS LIMITAÇÕES

Os quesitos abaixo resumem as principais limitações do trabalho desenvolvido que foram detectadas ao longo do período de investigação e durante a simulação com o módulo experimental do modelo:

- Apesar do cálculo e da representação Dual do sistema ser computacional, as alterações devidas aos critérios adotados para percolação tiveram que ser feitas manualmente através de observação e identificação dos pontos aptos a serem eliminados e, em seguida, as ligações entre os pontos refeitas. O mesmo procedimento manual e de observação era adotado quando se transferiam os estados percolados de um mapa para outro. Naturalmente, este procedimento dificultou um maior teste de critérios e, portanto, uma maior gama de resultados.
- Devido ao caráter deformador da modelagem, foi necessário usar de estratégias tanto para a demonstração gráfica quanto para o tratamento dos resultados, uma vez que a plataforma utilizada não comportava ferramentas suficientes para tal. Isto também pode ter contribuído para um menor aprofundamento e descrição das simulações.
- Os mapas utilizados foram os únicos obtidos para Porto Alegre, havendo transformação de sua representação, de Primal (mapa axial) para Dual

(pontos e ligações). Apesar de eles estarem separados por um intervalo médio de 30 anos, o que garante alguma constância nas iterações, pensamos que o mais interessante ainda seria uma análise de mapas com intervalos menores, possibilitando a extração de dados seqüenciais aparentemente mais claros e concisos.

- A utilização de ponderações para o carregamento dos espaços, o que seria usado para gerar resultados topológicos mais adequados aos resultados reais na identificação dos centros vivos, dificilmente poderia ser implementado devido a grandes dificuldades de obtenção dos dados históricos desta natureza e de operacionalização do modelo .
- Ao buscar a construção de uma imagem urbana, o modelo mostra-se eficiente em termos quantitativos, isto é, na montagem de uma extensão territorial globalmente conhecida. O estudo não foi capaz de atribuir juízos de valores referentes aos espaços, isto é: não houve como se fazer uma hierarquização dos espaços conhecidos em uma escala baseado em critérios de preferências de posicionamento e/ou de envelhecimento dos estoques históricos e as mudanças cognitivas que interferem na formação qualitativa da imagem urbana.
- Por ser ainda uma linha de pesquisa bastante recente, o estudo de redes Small Worlds ainda possui muitas lacunas a serem preenchidas. Conseqüentemente, isto afeta também o embasamento teórico do presente estudo. Futuros desenvolvimentos deverão passar por novos avanços nesta área
- Até o fechamento deste trabalho, são raros os estudos em que os paradigmas de redes Small Worlds são aplicados às redes urbanas. Assim, ainda não é possível afirmar qual seria o caminho mais correto para seguir a partir desta adaptação. Igualmente, poucos estudos existem para se estabelecer uma comparação direta sobre alternativas de representação urbana, especialmente das potencialidades da representação Dual.

6.3 DAS POTENCIALIDADES e ENCAMINHAMENTOS

Os tópicos abaixo resumem as principais potencialidades observadas no trabalho desenvolvido. Aliada às limitações encontradas, parecem se constituir em importantes e promissores indicadores para a continuidade dos estudos acerca do tema evolução sintática e compressão espacial.

- Mediante os esforços empreendidos no campo teórico e metodológico, foi possível apontar para uma forma inédita de captar e mensurar comportamentos sociais na estrutura urbana, em caráter evolutivo.
- Foi possível, mesmo que experimentalmente, montar um modelo computacional básico e com resultados coerentes para simular a evolução de uma cidade baseando-se unicamente em relações escalares de conectividade e a aplicação de uma medida de integração espacial. Isto aproxima o estudo dos conceitos fundamentais da Sintaxe Espacial. Ao testar novas técnicas de representação gráfica e novos métodos de exploração espacial, inclusive com a inclusão de medidas temporais, o estudo contribui também para a evolução do estado da arte para os estudos configuracionais.
- Novos critérios, ou até mesmo refinamentos no critério adotado, poderão contribuir para o aprimoramento de técnicas e tratamentos de dados da modelagem.
- O estudo também prevê demandas suficientes para o aprimoramento de uma plataforma de análise evolutiva urbana, o que trará um maior dinamismo para a investigação de fenômenos comportamentais sociais em ambientes urbanos.
- Esta dinamização poderia facilitar comparações evolutivas acerca de muitos outros sistemas urbanos, potencializando o modelo de Relativa Assimetria. Não obstante a isso, paralelamente a este estudo, outras metrópoles que apresentam crescimento de trajetória excêntrica poderiam ser testadas com a mesma rotina de processamentos.
- Muito embora o estudo venha a agregar em seus resultados uma enorme gama de especulações em diversas áreas, parece-nos que o único lugar em

que a cidade pode realmente ser pensado como uma rede do tipo Small Worlds é na mente das pessoas que a utilizam. Logo, o campo que parece reunir as melhores condições de pesquisa parecer ser o dos Estudos Cognitivos. Modificações de modelagem e de simulação desenvolvidas especialmente para potencializar resultados de cognitivos poderão se constituir em caminhos de pesquisa promissores.

- Como ferramenta de planejamento, o estudo poderá desencadear uma rotina de pesquisa que ajude a captar as transformações em nível global, atuando como ferramenta auxiliar para a elaboração de soluções eficientes para a problemática da circulação e acumulação urbana, pois se baseia acima de tudo em um modelo de acessibilidade e de marcação de destinos e rotas preferenciais. Estações modais e rotas de transporte público – assumindo o papel de pontos de inter acessibilidade notável e de rotas preferenciais de conexão respectivamente, poderiam ser melhor definidas por intermédio de simulações envolvendo rotinas diferenciação e compressão espacial teorizadas e experimentalmente alinhadas e testadas pelo estudo. Planos urbanos igualmente poderiam prever ligações diretas emergenciais para a resolução de problemas de tráfego. O mapeamento potencialidades estratégicas poderia gerar soluções razoáveis para problemas de distribuição de usos do solo e de todas as externalidades daí advindas.

6.4 CONCLUSÃO GERAL

Foi possível adequar estudos interdisciplinares a teorias e ferramentas consagradas às pesquisas urbanas, obtendo resultados consideráveis. Através da modelagem, foi possível narrar de forma coerente a evolução do fenômeno urbano de formação de centros. Como bônus, isto nos levou à reflexão de toda uma série de fenômenos comportamentais sociais que dependem de retratos fiéis da realidade e, principalmente, da descrição evolutiva de redes urbanas reais.

Muito embora o estudo tenha sido conduzido em caráter basicamente experimental, cremos que a construção teórica e metodológica deste seja

robusta o suficiente para endossar os resultados obtidos, mas sobretudo para futuramente refinar os processos e critérios de modelagem adotados e dirimir as limitações encontradas.

A cidade enquanto sistema urbano aberto e interconectado não pareceu poder ser representada como uma rede Small World por excelência. Seu hipotético coeficiente de aleatoriedade, caso fosse calculado, poderia resultar em um valor modesto demais para permitir ligações físicas remotas. Isto é devido à grande massa edificada subentendida nas representações espaciais utilizadas. Contudo, alguns pontos podem ser tidos como promissores neste sentido: por orbitar em torno da captação de dois entes topológicos, os espaços-notáveis – que resumem grandes áreas de intercessibilidade, e as ligações remotas – responsáveis pelas rotas preferenciais de conexão entre estes, modelos semelhantes podem vir a se tornar boas ferramentas de planejamento para ambos: as ligações diretas, por serem na prática alternativas caras, de grande porte e cuja conclusão demanda bastante tempo, podem ser melhor estudadas e planejadas por intermédio de modelos como o apresentado. O mesmo vale para a geração de áreas de grande potencial de integração, corroborando para uma melhor distribuição da atividade humana na cidade.

Outro tópico que reúne boas perspectivas de exploração reside nos estudos dos comportamentos sociais intraurbanos. Estes podem ser tidos como o produto final das ligações remotas que unem todos os membros de um mesmo sistema. Tendem, portanto, a serem analisados de modo probabilístico e neste caso, muito provavelmente, poderão adquirir contornos de sistemas em rede como características de Small Worlds, com a vantagem de não possuírem restrições, quer físicas, quer ideológicas, que imponham grandes dificuldades para a realização de ligações remotas entre agentes . Talvez sejam estes os caminhos mais promissores a serem perseguidos por estudos posteriores.

Por se constituir em uma nova técnica de simulação e modelagem, cremos que este pioneirismo, mesmo em caráter exploratório, possa contribuir com rigor e método para o estudo de diversos fenômenos urbanos, inserindo-se referencialmente em pesquisas semelhantes vindouras.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, W. (1964), *Location and Land Use*. Harvard University Press, Cambridge, Massachussets.

BARABÁSI, A. L. ; ALBERT, R. (1999) *Emergence of Scaling in Random Networks* in The Structure and Dynamics of Networks, pg 509-512, Princeton University Press, Princeton 5 pgs.

BATTY, Michael (2001) *Cities as Small Worlds* at Environment and Planning B: Planning and Design 2001, volume 28, pgs 637-638 (Editorial), Londres, Pion 02 pgs.

BATTY, Michael (2004 a) *A new Theory of Space Syntax* at www.casa.ucl.ac.uk paper 75, 34pgs.

BATTY, Michael (2004 b) *Distance in Space Syntax* at www.casa.ucl.ac.uk paper 80, 36pgs.

BATTY, Michael; LONGLEY, Paul (1993) *Fractal cities: a geometry of form and function* Londres, Academic Press 1994 334pgs.

BATTY, Michael et al (1998) *Modeling urban growth patterns whit correlated percolation* at www.casa.ucl.ac.uk paper 40 , 36pgs.

BATTY, Michael et al (2003) *Network Geography: Relations, Interactions, Scaling and Spatial Processes in GIS* at www.casa.ucl.ac.uk paper 63 , 36pgs.

BATTY, Michael et al (2004c) *Hierarchy in Cities and City Systems* at www.casa.ucl.ac.uk paper 85 , 28pgs.

BILSEN, A. van, *Theory of the Urban Web* in Principles of Urban Structure, cap. 01, pg 15-38, 23 pgs.

BLACK, M. (1962) *Models and Metaphors* Nova York, Cornell University Press, 1962.

BUCHANAN, C. (1973), *El Trafego en las Ciudades* Tecnos, Madrid.

COUCLELIS, H. COLLEDGE, R.G. GALE, N. (1987) *Exploring the anchor-point hypothesis of spatial cognition* Journal of Environmental Psychology 7: 99-122

DESYLLAS, Jake (1997) *Berlim in Transition* in 1st Space Syntax Symposia -Vol 01 Londres, 15 pgs.

DEREICHE, P. H. (1971) La Economía Urbana, Instituto de Estudios y Administración Local, Madrid.

DURKHEIM, Emile (1995). Da divisão do trabalho social. São Paulo: Martins Fontes. 483 pgs.

ECHENIQUE, M. (1975) Modelos matematicos de la estructura espacial urbana: Aplicaciones en America Latina Buenos Aires, Ediciones SIAP

FARIA, A. P. (2002) Representing urban cognitive structure through spatial differentiation 4th Space Syntax Symposium Proceedings – at www.spacesyntax.net/symposium.htm

GEBAUER, M. A. (1981), Urban Morphology Oxford Polytechnic, Oxford, 35 pgs.

GOULD, P. (1969) Spatial Diffusion, Comission on College Geography. American Geography Association, Washington, 15 pgs.

GRIMMET, G. (1989) Percolation Springer-Verlag, University of Cambridge, Cambridge, 296 pgs.

HANSEN, (1959) How accessibility shapes land uses, *Journal of American Planning Association*

HAYNES K. E. (1998) Towards a percolation model of accessibility at <http://policy.gmu.edu> - The Institute of Public Policy, George Mason University, Fairfax, Vancouver ; 20pgs.

HEIDEGGER, Martin (1985) Carta Sobre o Humanismo (3.^aed.). Lisboa: Guimaraes Editores.

HILLIER, B. ; HANSON, J. (1984). The social logic of space. Cambridge, Cambridge University Press.

HILLIER, B. et all (1993). Natural movement: or configuration and attraction in urban pedestrian movement. in Environment and Planning B: Planing and Design, Pion, vol. 20 pp. 29-66.

HILLIER, B. (1996) Space is the machine. Cambridge. Cambridge University Press.

HILLIER, B. (2003) The knowledge that shapes the city 4th Space Syntax Symposium Proceedings – at www.spacesyntax.net/symposium.htm

HILLIER, B. (1999) Centrality as a Process: accouting for attraction inequalities in deformed grids in Urban Desing International 4 pg107-127, E & FN SPON, 20pgs.

INGRAM, D. R. (1971) The Concept of Accessibility: a Search for an Operational Form. In: Regional Studies, Pergamon Press, Londres, 10pgs.

JIANG, Bin ; ORMELING, Ferjan (1999) Mapping Cyberspace: Visualising, Analysing and Exploring Virtual Worlds at www.casa.ucl.ac.uk paper 11 , 13p.

KRAFTA, Rômulo; CONSTANTINO, Eliane Cidades Brasileiras: seu controle e o Caos, in C Tucci (org) Avaliação e controle da drenagem urbana II, Editora da Universidade (2001).

KRAFTA, Romulo et al(2005) Sintatic Evolution of the Cities; 5th International Space Syntax Symposium; Londres.

KRAFTA Romulo (1997) Urban convergence: morphology and attraction, H Timmermans (ed) Decision Support Systems in Urban Planning; London, E&F Spon

KRAFTA Romulo (1994) Modelling Intraurban Configurational Development, in Environment and Planning B: Planning and Design, vol 21, pg 67-82, Pion, Londres, 15 pgs.

KOVÁLCES, L. B. GALLE, P. (1992) The Logic of Walking: representing Knowledge on pedestrian traffic nets Environment and Planning B: Planning and Design, vol. 20 pp. 105-118

LIMBERGER, L. (2000) Centralidade Urbana Dispersa: os Prováveis Centros de Bairro na Cidade PROPUR – UFRGS.

LUCCAS, C.; MILOV, Y. (1997) Conflicts as Emergent Phenomena of Complexity in: www.carlesco.org/group/conflict.htm

LYNCH, K. (1960) The Image of the City MIT Press, Cambridge, Massachussets.

NYUSTEN, John D. (1968) Identification of some fundamental spatial concepts from J. Berry (1968) Spatial Analysis, New Jersey: P. Hall

PIRIE, G. H. (1979) Mesuring Aecessibility: A Review and Proposal. In Environment and Planning A 11, p 299-312, 13pgs.

PORTA, S. ; LATORA, V. ; CRUCITTI, P. (2004) Centrality Measures in Urban Networks in www.polimi.it , 5 pgs.

PORTA, S. ; LATORA, V. ; CRUCITTI, P. (2004) The Network Analisis of Urban Streets: a Primal Approach in www.polimi.it , 19 pgs.

PORTUGALLI, J. (1996) Self Organizing Cities in Futures, vol 29/n°4/5, pg 353-380, Elsevier Science/ Pergamon, Londres, 27 pgs.

REIF, B. (1973) Modelos en la prlanificación de ciudades y regiones Madri, Instituto de Estudios de Administración Local.

RIGATTI, D. (1997) Do Espaço Projetado ao Espaço Vivido: Modelos de Morfologia Urbana no Conjunto Rubem Berta. Tese de Doutorado, USP, São Paulo.

SWELSER, N.J. & BALTES, P.B. (Ed.) (2001) International Encyclopedia of the Social & Behavioral Science (pg. 14771 – 14775), Oxford: Pergamon Express

TEKLENBURG, Jan A. F. ; TIMMMERMANS, H. J. P. ; WAGENBER, A. F.(1992a) Space Syntax Desmistified Proceedings of the 12th International Conference of the International Association for People-Environment Studies Boulder, Colorado, 25 pgs.

TEKLENBURG, Jan A. F. ; TIMMMERMANS, H. J. P. ; WAGENBER, A. F.(1992b) The Distribution of Use of Public Space in Urban Areas. Equitable and Sustainable Habitats Proceedings of the 23th Anual Conference of Environmental Desing Research Association. Boulder, Colorado; 18 pgs.

TEKLENBURG, Jan A. F. ; ANDEL, J. A. van (1993) Urban Morphology and Children's Use of Public Space Proceedings of the 24th Anual Conference of Environmental Desing Research Association Chicago, Colorado, 24 pgs.

TORRENS, P. (2000) How Celular Automata Models of Urban Systems Work at www.casa.ucl.ac.uk paper 28 , 65 pgs.

WATTS, D. (2003) Six Degrees: The Science of a Connect Age , W. W. Norton & Company , Massachussets, 368 pgs.

WATTS, D. BARABASI, A-L., NEWMANN, M. (2006) The Structure and Dynamics of Networks Princeton University Press, Princeton 582 pg.

WATTS, D. (2003) Six Degrees: The Science of a Connect Age , W. W. Norton & Company , Massachussets, 368 pgs.

WINGO, L. (1972), Transporte y Suelo Urbano Oikos-Tau Colección de Urbanismo n. 1, Barcelona.

9. ANEXOS

O presente capítulo fará uma compilação dos dados usados neste estudo. Iniciaremos reunindo os mapas axiais originais, para em seguida dispormos os mapas já representados no modo Dual corrente na pesquisa e as deformações espaciais constantes na modelagem, justificando a incisão de técnicas de demonstração gráfica e análise de resultados.

1839

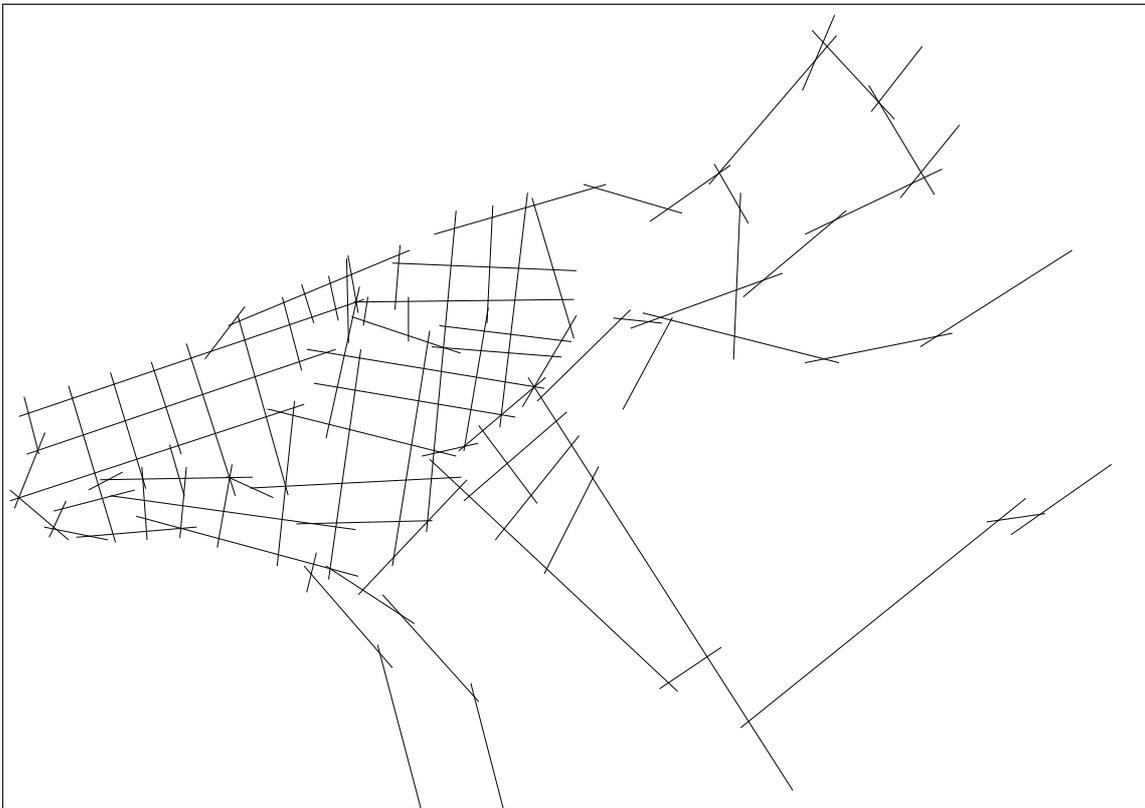


Fig. 47: mapa axial

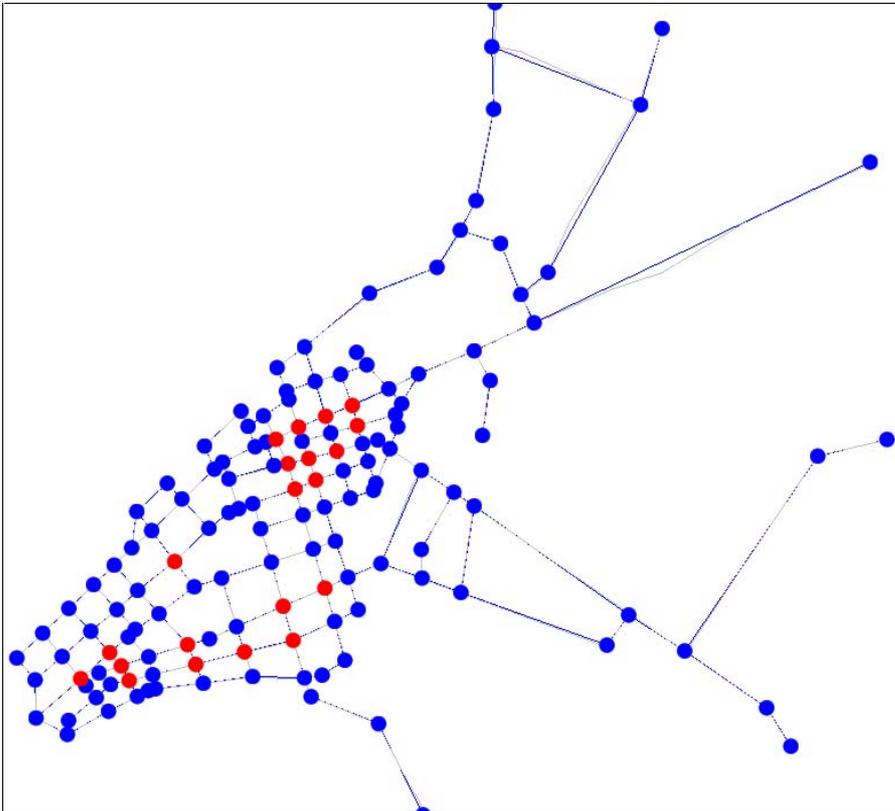


Fig. 48: Iteração 01 (os pontos em vermelho são os pontos com picos de acessibilidade R3 a serem percolados na próxima Iteração).

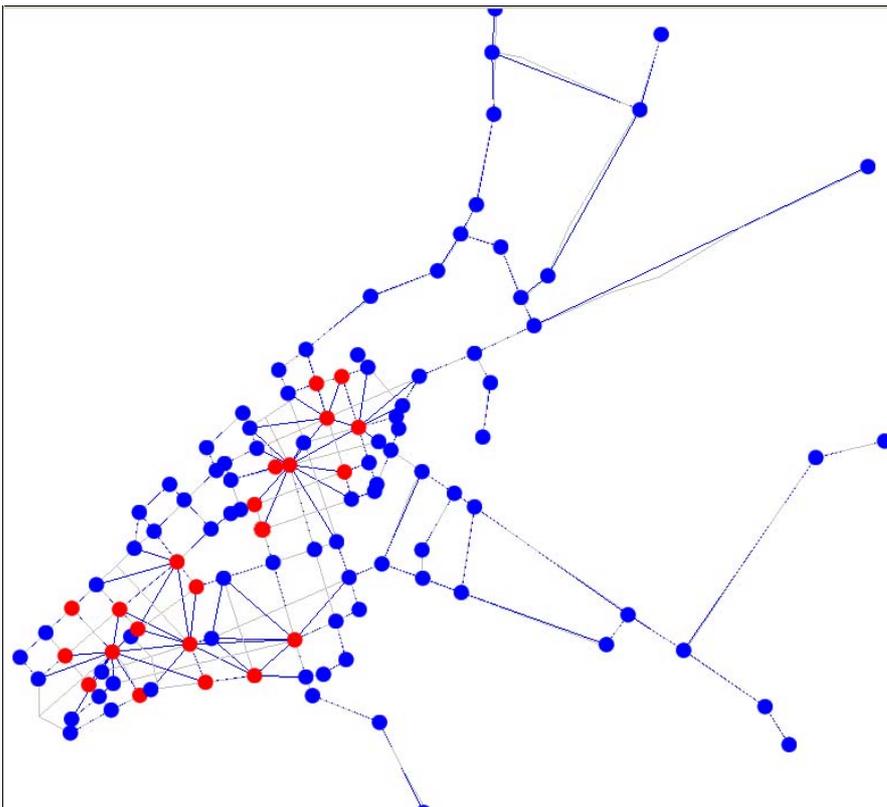


Fig. 49: Iteração 02

1888



Fig. 50: Mapa axial



Fig. 51:: mapa na representação Dual inicial

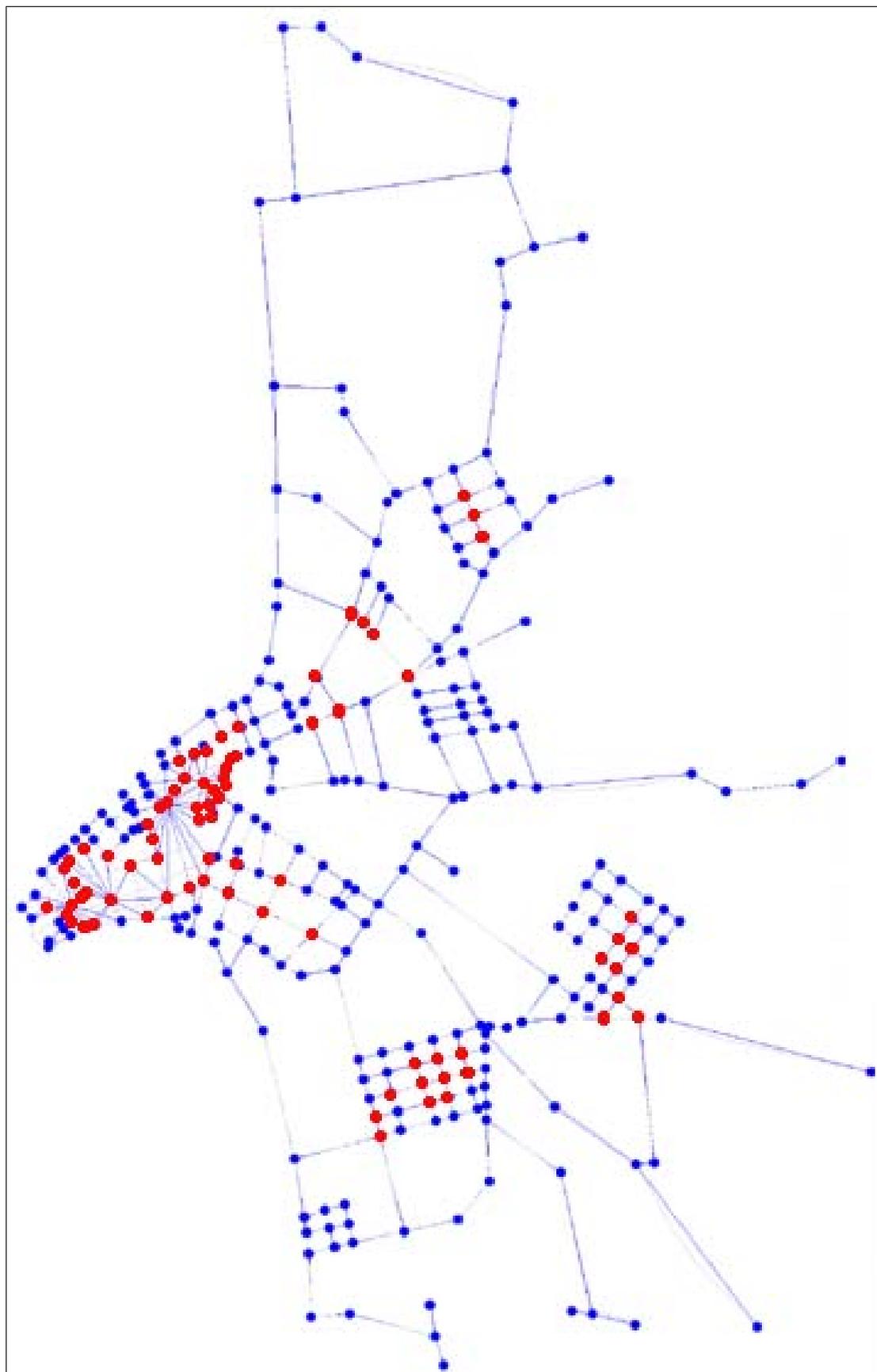


Fig. 52: Iteração 01

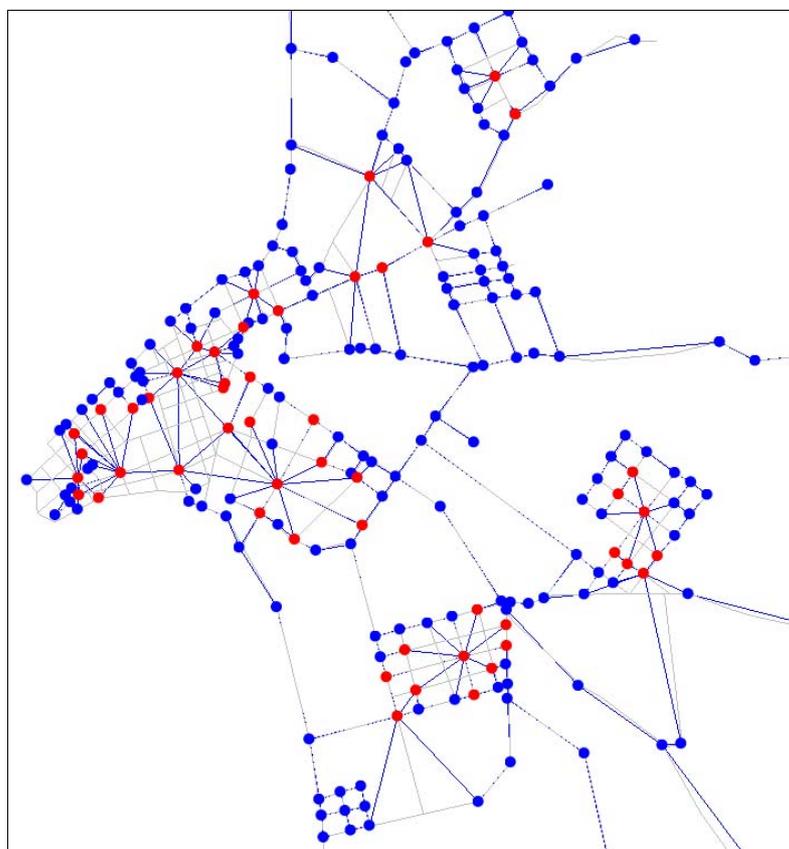


Fig. 53: Iteração 02

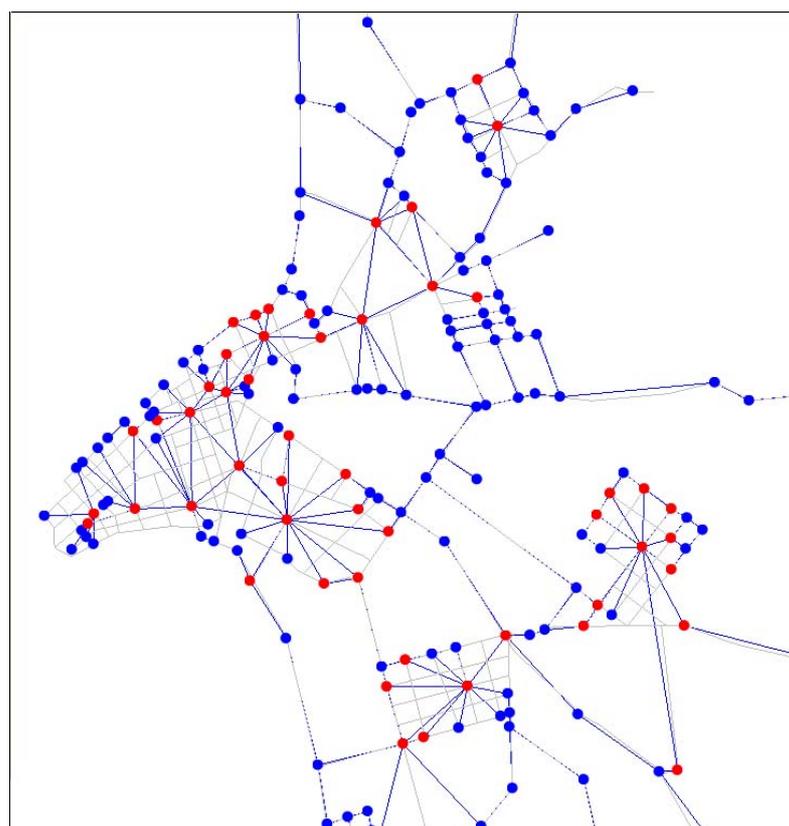


Fig. 54: Iteração 03

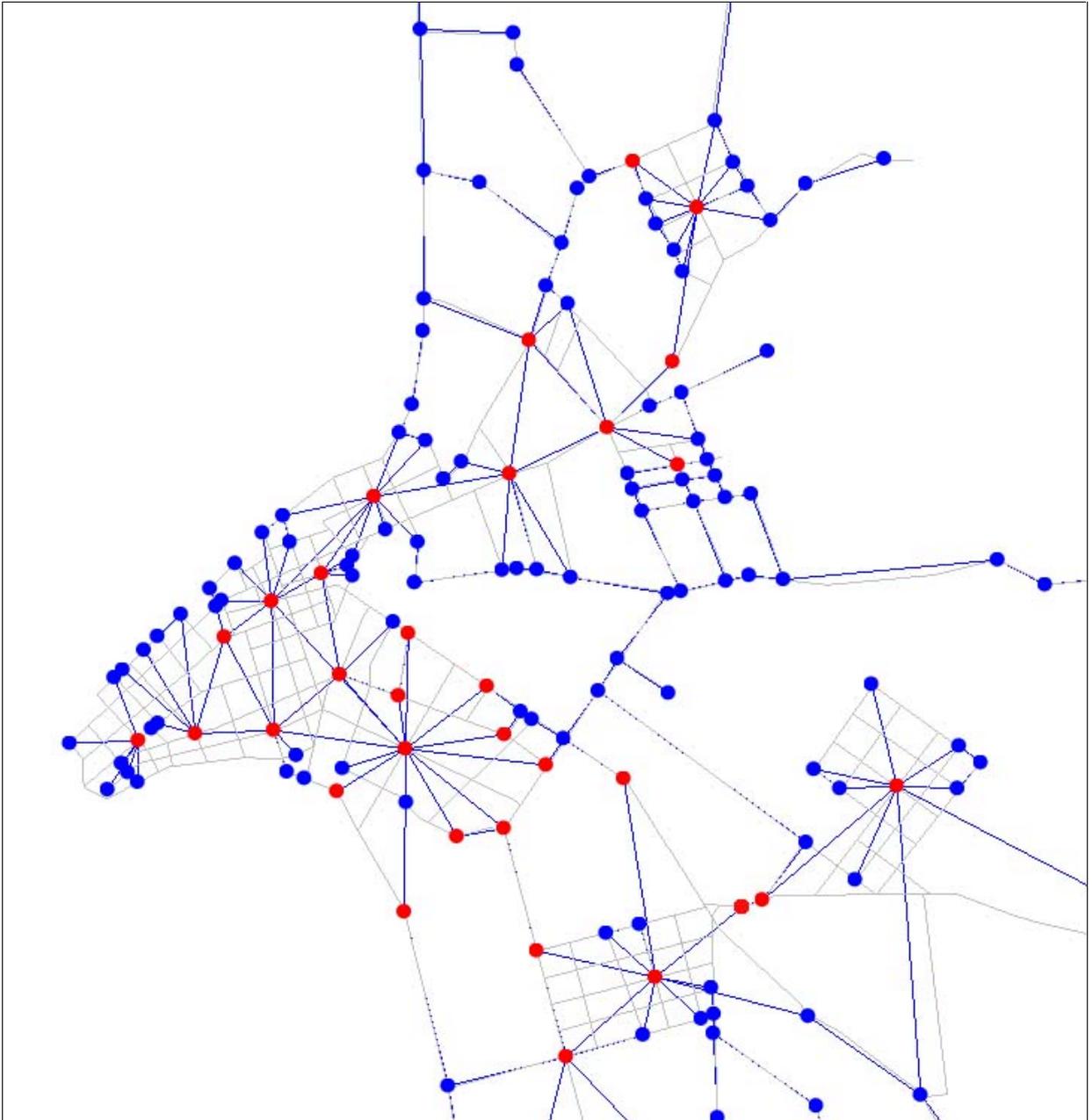


Fig. 55: Iteração 04

1919



Fig. 56: mapa axial



Fig. 57: mapa na representação Dual inicial

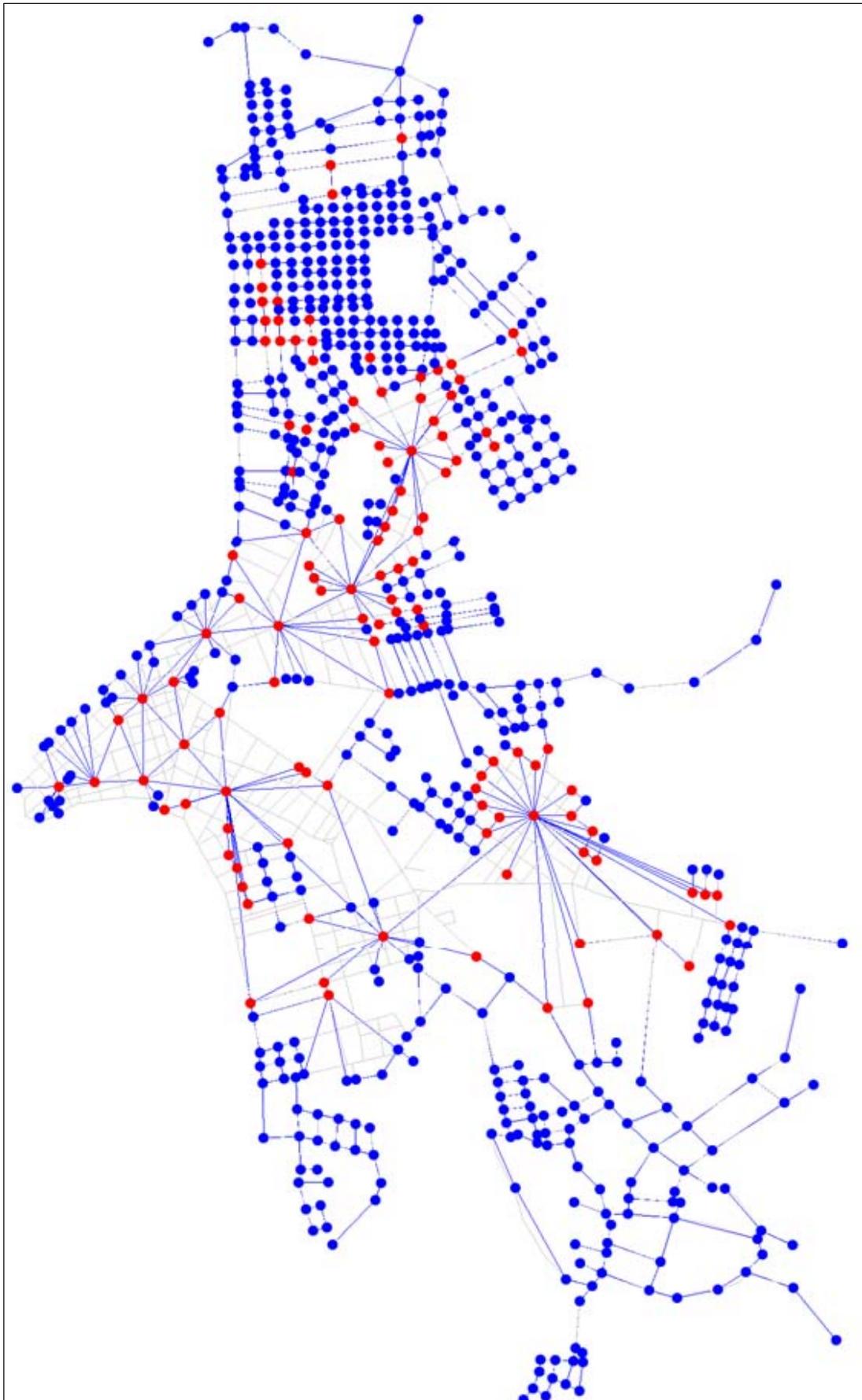


Fig. 58: Iteração 01

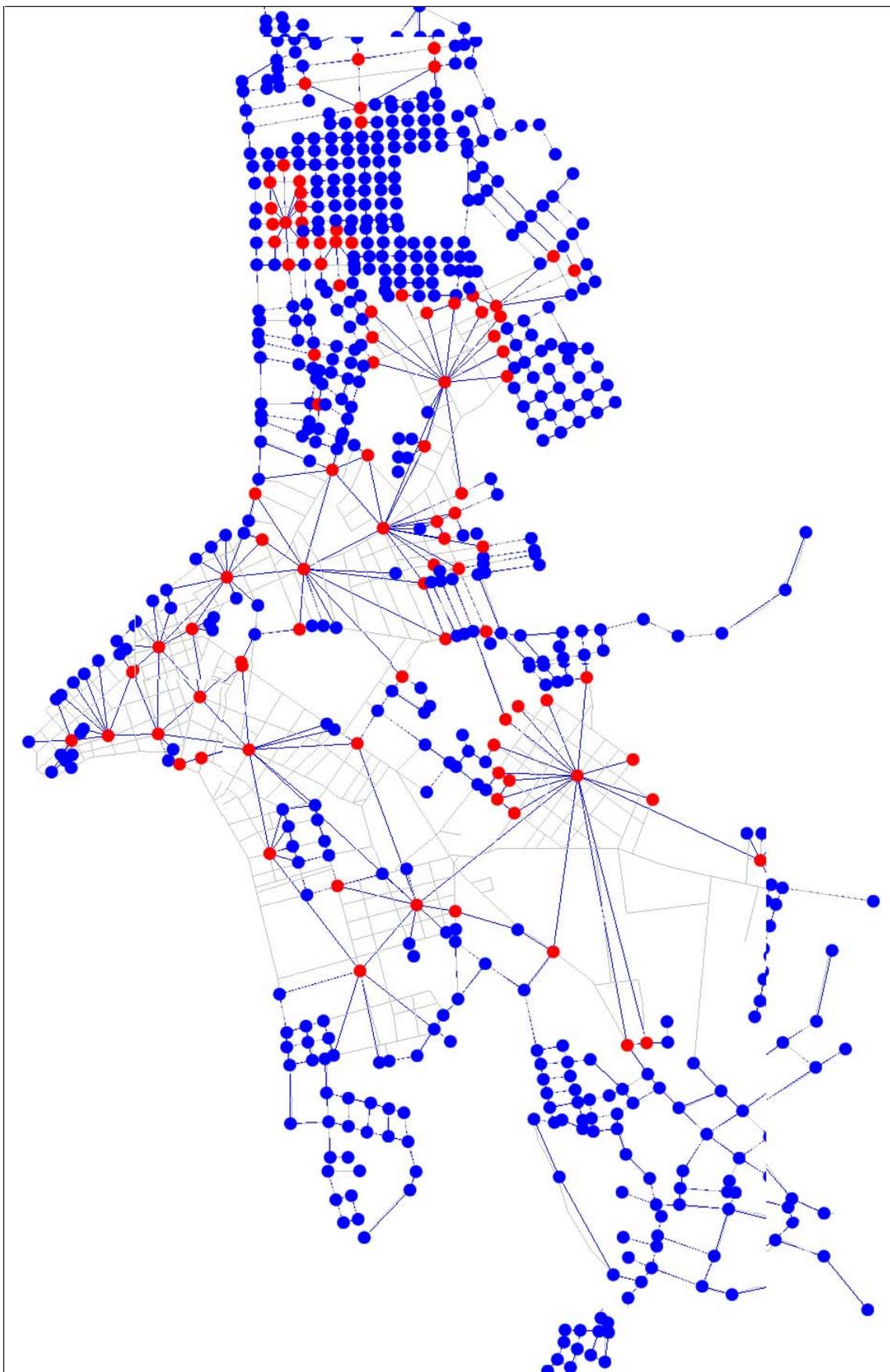


Fig. 59: Iteração 02

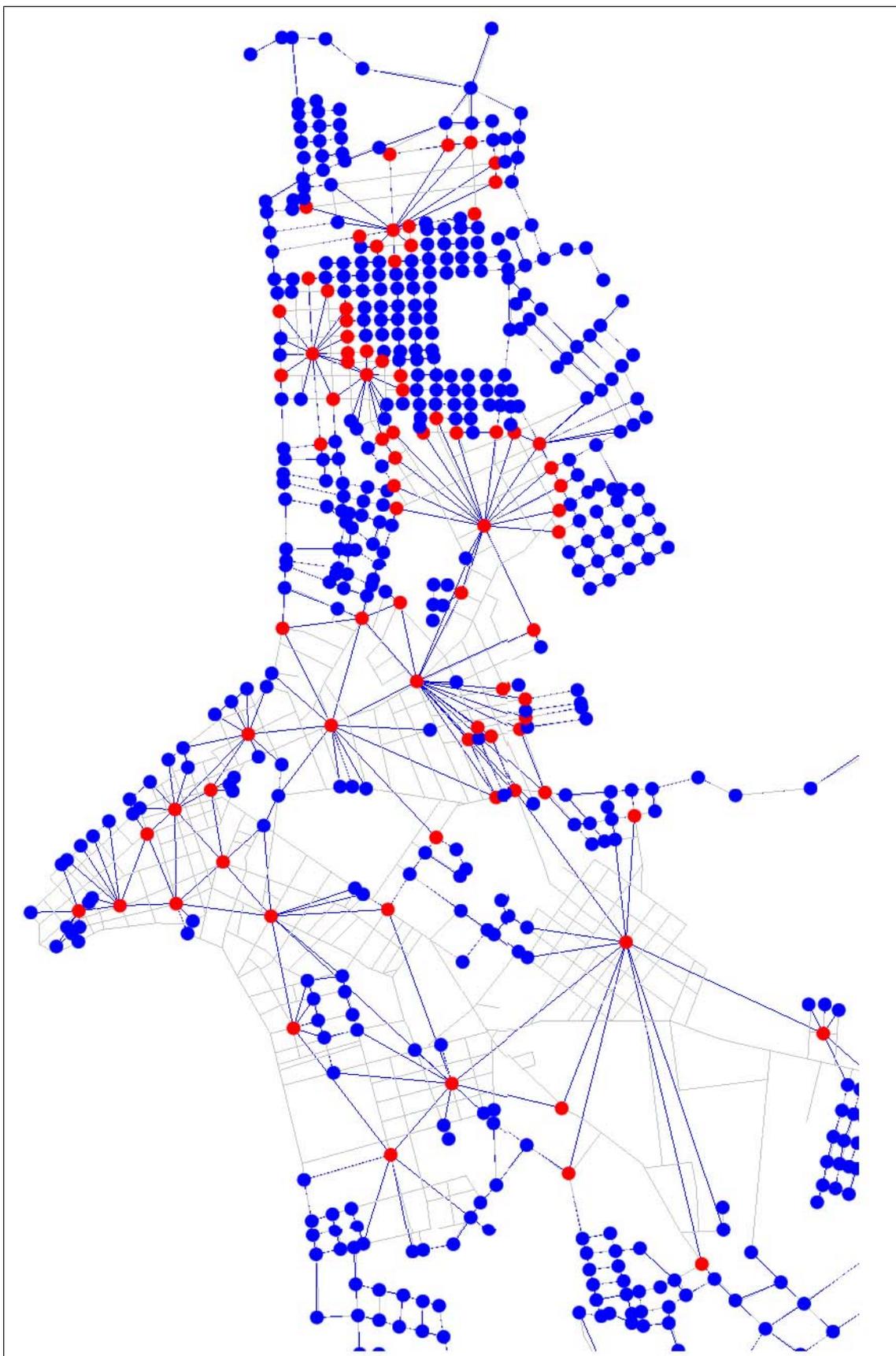


Fig. 60: Iteração 03

1935



Fig. 61: mapa axial



Fig. 62: mapa na representação Dual inicial

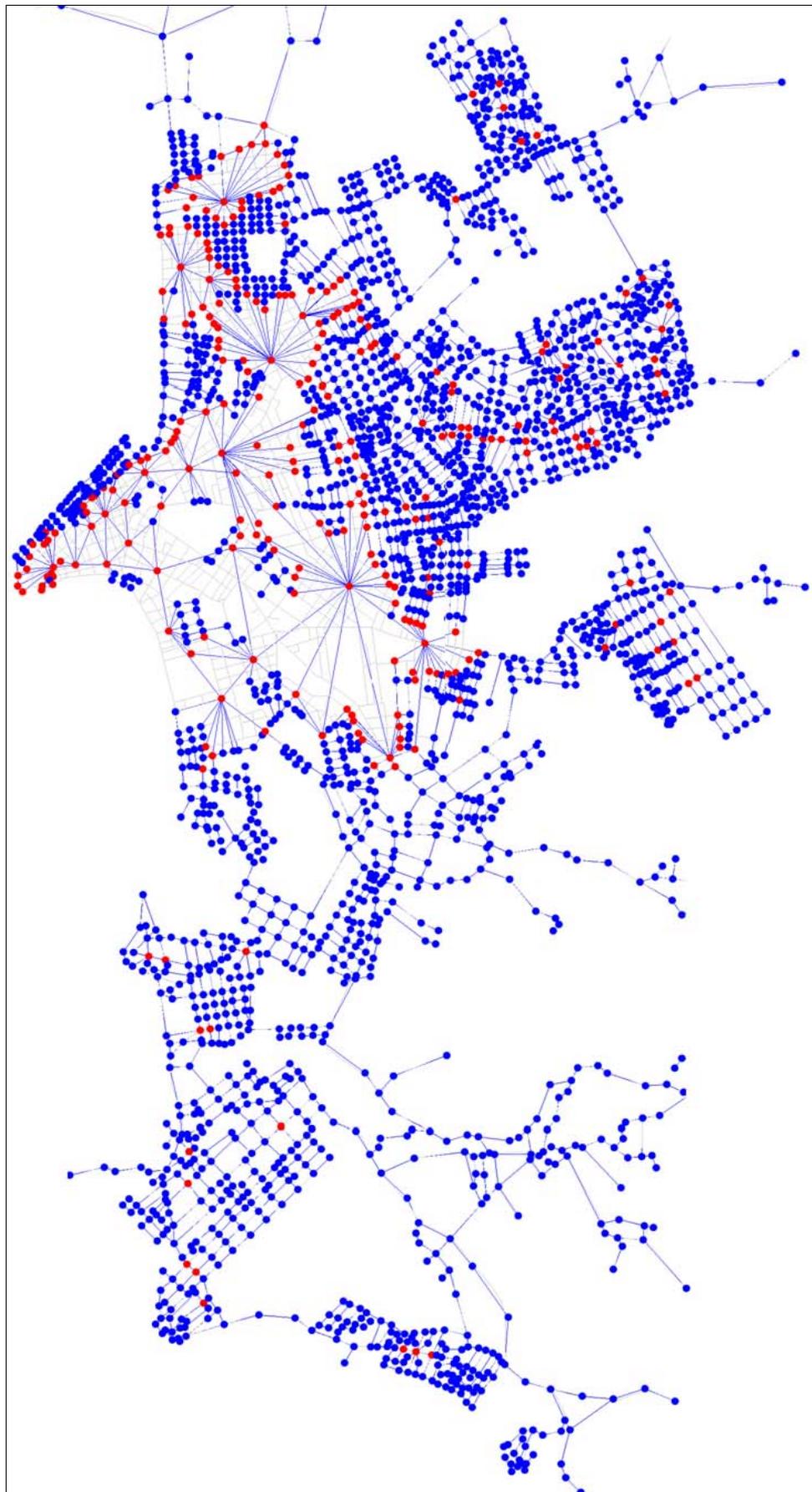


Fig. 63: Iteração 01

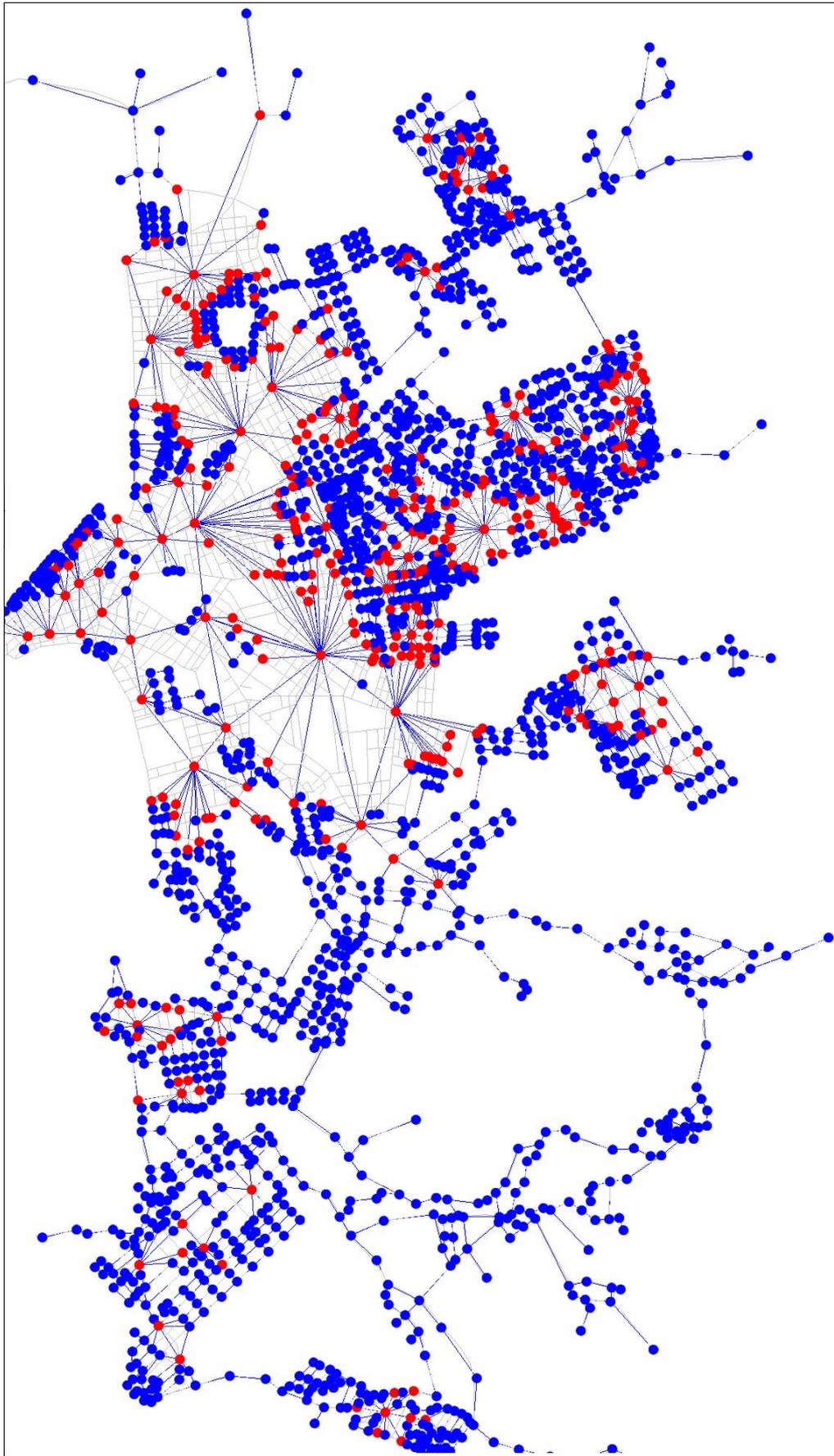


Fig. 64: Iteração 02

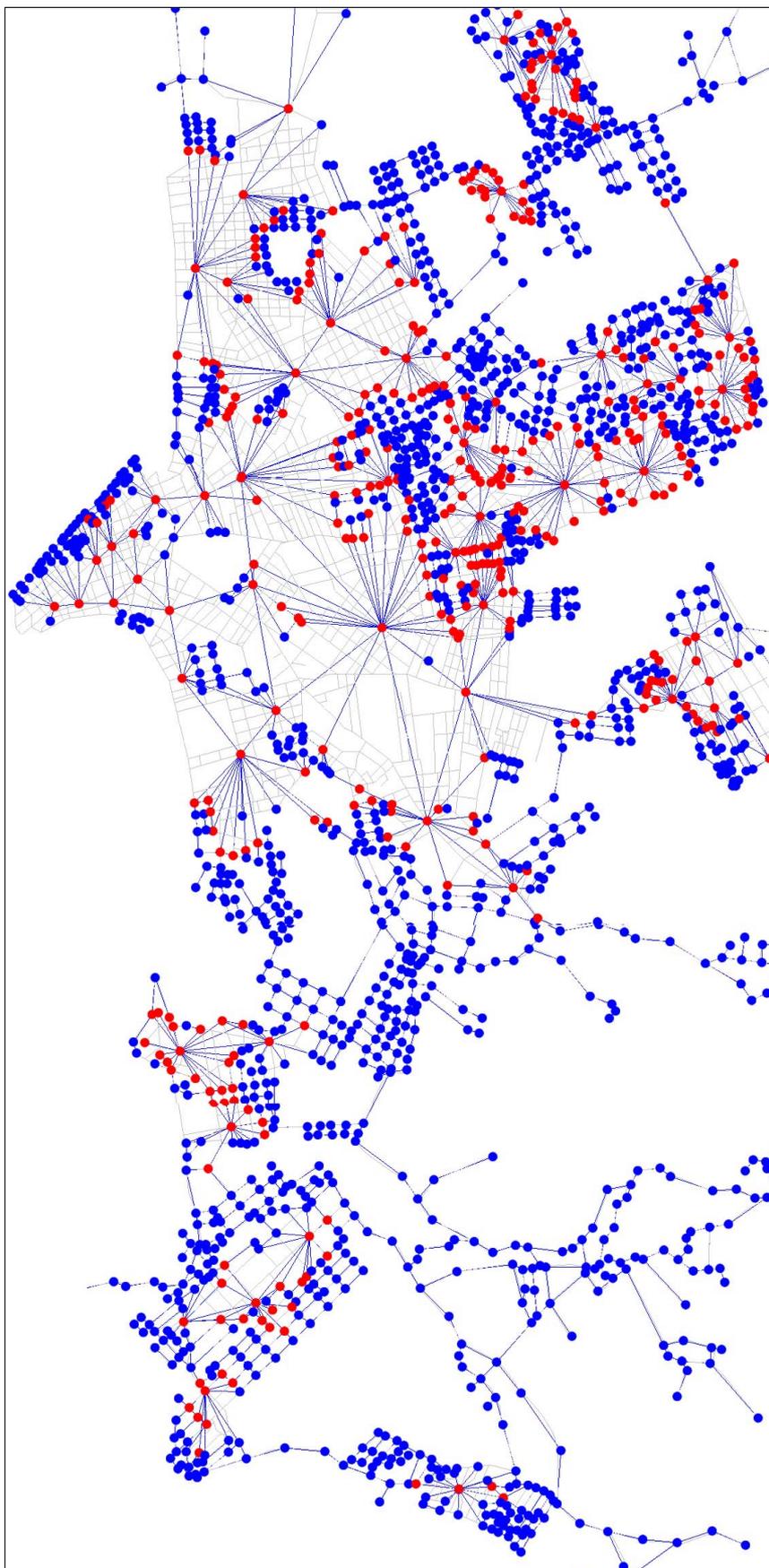


Fig. 65.: Iteração 03

1968



Fig. 66: mapa axial



Fig. 67: mapa na representação Dual inicial

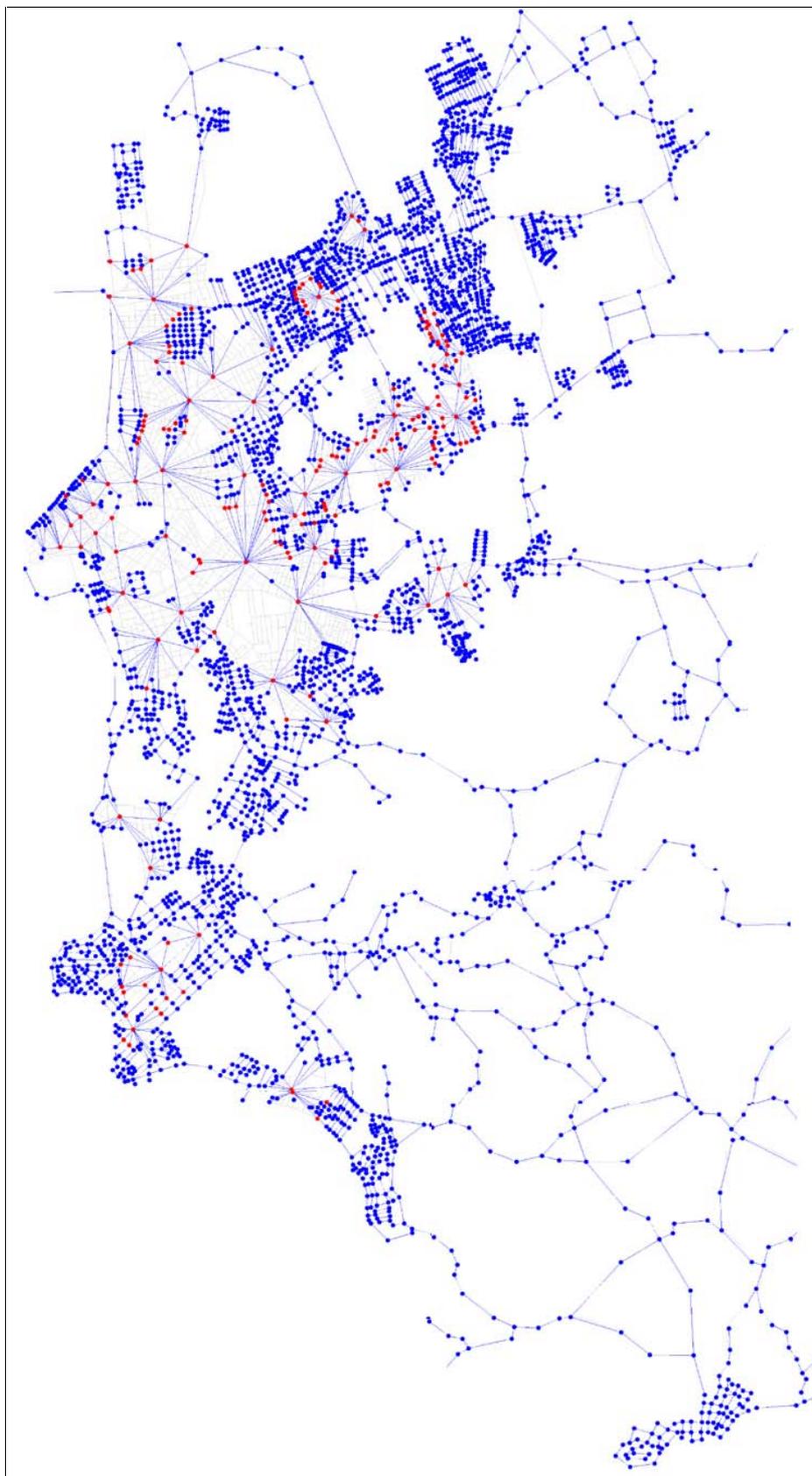


Fig. 68: Iteração 01

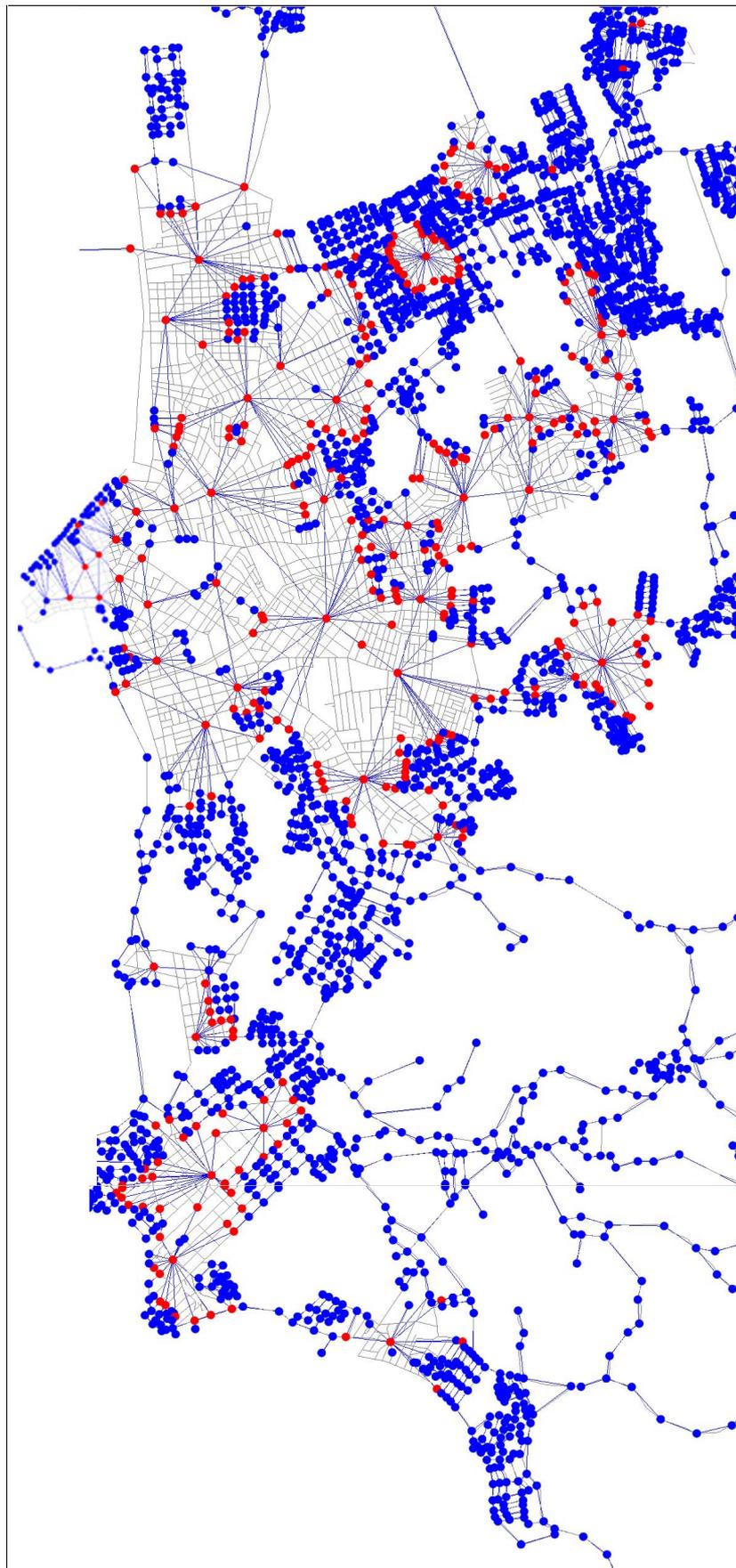


Fig. 69: Iteração 02

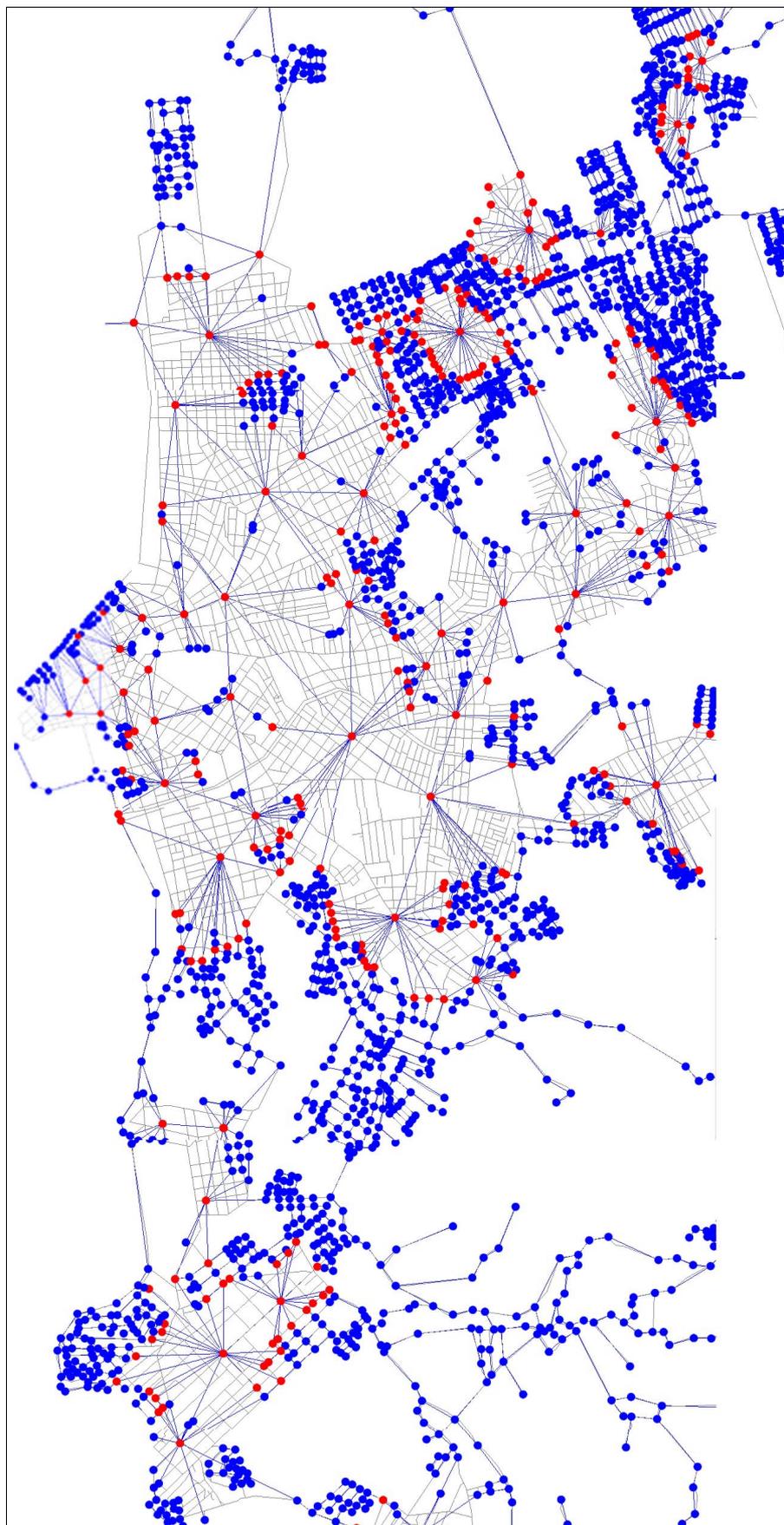


Fig. 70: Iteração 03

2000



Fig. 71: mapa axial



Fig. 72: mapa na representação Dual inicial

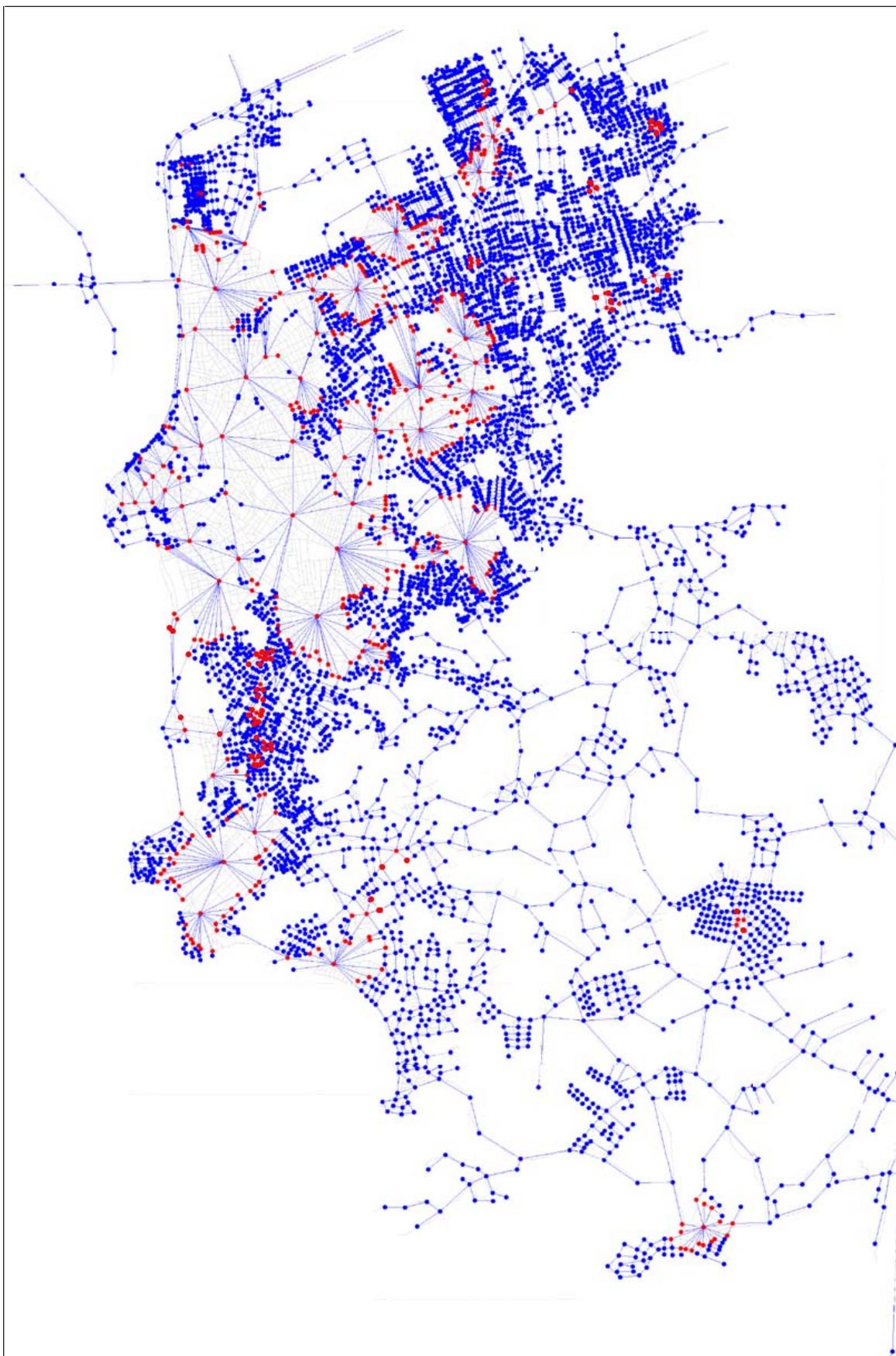


Fig. 73: Iteração 01

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)