

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E  
REGIONAL**

**Alessandro Geremia**

**EFETOS NA MALHA URBANA OCACIONADOS PELA DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS:  
Análise da Resiliência Urbana sob a Perspectiva da Sintaxe Espacial.**

**Porto Alegre  
2018**

**ALESSANDRO GEREMIA**

**EFEITOS NA MALHA URBANA OCACIONADOS PELA DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS:  
Análise da Resiliência Urbana sob a Perspectiva da Sintaxe Espacial.**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.**

**Orientador: Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri**

**Porto Alegre  
2018**

CIP - Catalogação na Publicação

Geremia, Alessandro  
EFEITOS NA MALHA URBANA OCACIONADOS PELA DUPLICAÇÃO  
DE RODOVIAS: Análise da Resiliência Urbana sob a  
Perspectiva da Sintaxe Espacial / Alessandro Geremia.  
-- 2018.  
164 f.  
Orientador: Fábio Lúcio Lopes Zampieri.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa  
de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional,  
Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Travessias urbanas. 2. Resiliência urbana. 3.  
Sintaxe espacial. I. Lopes Zampieri, Fábio Lúcio,  
orient. II. Título.

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 TEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	22
1.3 OBJETO DA PESQUISA.....	22
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	23
1.5 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESES .....	24
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	25
<b>CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 SISTEMA VIÁRIO E ESTRUTURA URBANA .....	27
2.1.1 INTRODUÇÃO .....	27
2.1.2 VIAS, ESTRUTURA URBANA E FLUXOS .....	28
2.1.3 TIPOLOGIAS DA FORMA URBANA.....	29
2.1.4 ESTRUTURA URBANA E CONEXÕES.....	31
2.2 TRAVESSIAS URBANAS .....	32
2.2.1 INTRODUÇÃO .....	32
2.2.2 CONCEITO.....	32
2.2.3 CLASSIFICAÇÃO .....	34
2.2.4 PROBLEMAS .....	38
2.3 EFEITO BARREIRA .....	40
2.4 RESILIÊNCIA URBANA .....	43
2.5 MODELOS, SISTEMAS E SISTEMAS CONFIGURACIONAIS URBANOS .....	46
2.5.1 INTRODUÇÃO .....	46
2.5.2 MODELOS .....	46
2.5.3 SISTEMAS.....	47
2.5.4 SISTEMAS CONFIGURACIONAIS URBANOS.....	49
2.6 SINTAXE ESPACIAL.....	50
2.6.1 MODOS DE REPRESENTAÇÃO.....	55
2.6.2 VARIÁVEIS SINTÁTICAS .....	59
2.6.3 SINTAXE ESPACIAL E RESILIÊNCIA URBANA .....	68
<b>CAPÍTULO 3 –MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>71</b>
3.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA DE TRAVESSIAS URBANAS – CIDADES. ....	71
3.2 PROCEDIMENTOS .....	73
3.2.1 OBTENÇÃO DOS DADOS.....	74
3.2.2 TRATAMENTO DOS DADOS .....	74
3.2.3 CÁLCULOS .....	76
3.2.4 ANÁLISES.....	77
3.3 ANÁLISE SINTÁTICA.....	77
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....</b>	<b>80</b>
4.1 ESTUDO DE CASO 1 – DISTRITO DE ANHANDUÍ/MS.....	80
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO.....	80
4.1.2 ANÁLISE SINTÁTICA.....	84
4.2 ESTUDO DE CASO 2 –ITAQUIRAÍ/MS .....	98
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO.....	98
4.2.2 ANÁLISE SINTÁTICA.....	102
4.3 ESTUDO DE CASO 3 – CONGONHAS/MG .....	114
4.3.1 CARACTERIZAÇÃO.....	114

4.3.2	ANÁLISE SINTÁTICA.....	118
4.4	ESTUDO DE CASO 4 – FAZENDA RIO GRANDE/PR .....	129
4.4.1	CARACTERIZAÇÃO .....	129
4.4.2	ANÁLISE SINTÁTICA.....	133
	<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>151</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>157</b>

Dedico este trabalho aos meus filhos: Eduardo e pequena Amanda.

## **Agradecimento**

Neste importante momento, imprescindível agradecer:

Aos meus pais, Aristides e Dinacir, pelo exemplo e dedicação;

Ao meu irmão Jeam, que já trilhou estes caminhos acadêmicos, o que proporcionou valiosas “dicas”;

Aos meus filhos Eduardo e Amanda e a minha esposa Andressa pela compreensão em dividir o tempo com este projeto, durante longos 2 anos e meio;

Às gurias da Secretaria do PROPUR pelo auxílio irrestrito;

Aos professores do PROPUR que transmitiram de forma competente o conhecimento necessário, ampliando os meus horizontes;

Aos membros da banca da qualificação deste trabalho: Prof<sup>a</sup> Livia, Prof. Décio e Prof. Alejandro, pelas valiosas contribuições;

Agradeço, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri, pelo conhecimento transmitido, apoio e, principalmente, pela sua compreensão ao longo desta jornada.

*Em suma, não podemos ter uma forma eficiente para nosso sistema de transporte até que alcancemos uma melhor estrutura para as nossas cidades. E a primeira coisa que devemos aprender é que uma cidade existe, não pelo constante tráfego de automóveis, mas pela preocupação e trabalho de seus homens.*

*The Highway and the City. - Lewis Mumford  
[1958]*

## Resumo

Travessias urbanas são trechos de rodovias que atravessam áreas urbanizadas. É inegável o estreito vínculo entre cidades e estradas. Historicamente, estes caminhos atraíram, ao longo do seu traçado, a ocupação de núcleos populacionais gerando aglomerações urbanas. Entretanto, de forma paradoxal, ao mesmo tempo em que as cidades e as estradas estão umbilicalmente ligadas, esta relação traz uma série de conflitos entre elas. Os impactos na acessibilidade urbana crescem de maneira exponencial quando estes trechos rodoviários são duplicados, isto é, quando possuem mais de uma pista de rolamento, com separação física entre as pistas. A duplicação de uma travessia urbana tende a promover uma alteração abrupta no tecido urbano. Nesse contexto, ganha relevância o conceito de resiliência urbana, que pode ser definida, como a capacidade de um sistema suportar transformações repentinas. Este trabalho objetiva analisar os efeitos da implantação de duplicação de travessias urbanas na configuração espacial das cidades, aferindo o nível da resiliência urbana à tal intervenção e o comportamento geral da estrutura urbana. Como estratégia de pesquisa, utilizou-se de estudo de caso, composto por cidades cujo território é atravessado por rodovias que estão em processo de duplicação. A área urbana destes assentamentos foi descrita e analisada valendo-se das ferramentas, técnicas e métodos da Teoria da Sintaxe Espacial. Realizou-se um estudo comparativo entre a configuração urbana em dois momentos distintos: *i*) situação original, com a travessia em pista simples, e *ii*) cenário com a implantação do projeto de duplicação da rodovia. Verificou-se que no cenário com a duplicação da rodovia, houve uma expressiva transformação na estrutura urbana e nas relações entre os seus elementos. Esta transformação é mais significativa nos sistemas menores, compostos por reduzido número de linhas. No segundo cenário, constatou-se, sob o prisma configuracional, uma diminuição nos níveis de resiliência urbana em todos os casos estudados. Estes níveis sofreram maior impacto nos assentamentos em que a rodovia contribuiu de modo fundamental no surgimento, ou desenvolvimento, da cidade e em que a rodovia já está incorporada de forma preponderante ao sistema viário local. Assim, foi possível concluir que a duplicação de travessias urbanas, no modo como é comumente realizada, majora os efeitos negativos proporcionados pela rodovia na configuração espacial das cidades, embora, em algumas situações, a duplicação da rodovia apresentou potenciais benefícios para a configuração espacial da cidade.

Palavras-chave: travessias urbanas, resiliência urbana, sintaxe espacial.

## Abstract

Urban crossings are parts of highways that cross urban areas. The close connection between cities and streets, historically, is undeniable. These paths have attracted the occupation of population centers along their course, generating urban agglomerations. However, paradoxically, at the same time in which cities and highways are integrally linked, this relation presents a series of conflicts between them. The impacts on accessibility of the urban fabric grow exponentially when these highway paths are duplicated, that is, when they have more than one lane, with a physical barrier between the lanes. The duplication of an urban crossing tends to lead to an abrupt change in the urban fabric. In this context, the concept of urban resilience becomes relevant, which can be defined as the capacity for a system to support sudden transformations. Given the above, this work aims to analyze the effects of establishing duplicated urban crossings in the spatial configuration of cities, assessing the level of urban resilience to this intervention and the overall behavior of the urban structure. As a research strategy, we used a case study, composed of: The District of Anhanduí/MS, Itaquiraí/MS, Fazenda Rio Grande/PR and Congonhas/MG, whose territory is crossed by highways that are in the process of being duplicated. The urban area of these settlements was described and analyzed making use of tools, techniques and methods from the Theory of Space Syntax. We carried out a comparative study between the urban configuration at two different moments: *i*) the original situation, with single-lane highways, and *ii*) the situation with the implementation of the highway duplication project. We determined that the highway duplication provoked a transformation in the urban structure and in the relations between its elements, with the most significant being in the smaller systems, composed of a reduced number of lines. In the second situation, we observed, from the configurational perspective, a decrease in the levels of urban resilience in all cases studied. These levels suffered the greatest impact in the settlements in which the highway contributed fundamentally to the emergence or development of the city and in which the highway was already incorporated predominantly to the local highway system. Therefore, it was possible to conclude that the duplication of urban crossings, as is usually done, escalates the negative effects resulting from the highway in the spatial configuration of the cities, although in some situations the duplication of the highway presented potential benefits to the spatial configuration of the city.

Keywords: urban crossings, urban resilience, space syntax.

## **Lista de abreviaturas**

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

UNISDR - Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres.

## Lista de figuras

Figura 1 – Exemplo de travessia urbana em pista simples. Rodovia RS-118. Fonte: Google earth. ....	19
Figura 2 – Exemplo de travessia urbana em pista duplicada, cuja transposição se dá apenas em locais específicos em função da existência de barreira. Rodovia BR-101/SC. Fonte: Google earth. ....	19
Figura 3 - Vista de uma rua perpendicular à rodovia que está em um nível mais elevado, gerando um talude entre a rodovia e a sua rua lateral. Itapema/SC. Fonte: Google earth...	20
Figura 4 – Tipologia ABCD. Fonte: Marshall (2005).....	30
Figura 5 – (a) nós concentrados em três agrupamentos e se ligam por apenas dois canais; (b) nós distribuídos em conexões que operam de melhor maneira. Fonte: Salingaros (2005) .....	32
Figura 6 – Travessia simples. Fonte: o autor.....	34
Figura 7 – Travessia com utilização de segmentos de ruas locais. Fonte: o autor .....	35
Figura 8 – Travessia com acesso controlado. Fonte: o autor.....	36
Figura 9 – Travessia com acesso bloqueado. Fonte: o autor.....	36
Figura 10 – Contorno urbano. Fonte: o autor. ....	37
Figura 11 – Anel viário. Fonte: o autor. ....	38
Figura 12 – Ciclo do movimento natural. A = atração, C = configuração, e M = movimento. Fonte: Hillier <i>et al</i> (1993).....	53
Figura 13 – Mapa axial. Fonte: Hillier e Hanson (1984).....	56
Figura 14 – Modos de representação. a) mapa axial; b) mapa segmentado. Fonte: o autor. ....	58
Figura 15 – Diferenciação da profundidade em sistemas. Fonte: Rigatti (2002). ....	61
Figura 16 – Relações de simetria e assimetria em sistemas. Fonte: Rigatti, (2002). ....	61
Figura 17 – Localização das travessias urbanas. Fonte: o autor.....	72
Figura 18 – Esquema dos eixos desenvolvidos na pesquisa e medidas utilizadas. ....	79
Figura 19 - Divisão em Estados do Brasil (A) e localização da cidade de Campo Grande – Distrito de Anhanduí (B). ....	80
Figura 20 - Projeto da década de 60 para a implantação do Distrito de Anhanduí. ....	81
Figura 21 - Rodovia BR-163. Observa-se as tendas de comércio informal localizadas no canteiro entre a rodovia e suas ruas laterais. Fonte: Google earth. ....	82
Figura 22 - Vista da rua lateral com a existência de comércio formal e estabelecimentos de prestação de serviço. Observa-se, ainda, à direita, o canteiro que separa a rodovia da rua lateral. Fonte: Google earth. ....	82
Figura 23 – Estrutura urbana do Distrito de Anhanduí/MS. Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	83
Figura 24 – Distrito de Anhanduí. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	84
Figura 25 – Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade. ....	87
Figura 26 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade. ....	87
Figura 27 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – <i>Choice</i> .....	89
Figura 28 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	89
Figura 29 - Distrito de Anhanduí. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação original – Sinergia.....	91

Figura 30 - Distrito de Anhanduí. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação projetada – Sinergia. ....	91
Figura 31 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – Integração global. ....	95
Figura 32 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – Integração global. ....	95
Figura 33 - Distrito de Anhanduí. Mapa segmentado / situação original – <i>Choice</i> . ....	97
Figura 34 - Distrito de Anhanduí. Mapa segmentado / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	98
Figura 35 - Divisão em Estados do Brasil (A) e localização da cidade de Itaquiraí (B). ....	99
Figura 36 – Vista da travessia urbana da Rodovia BR-163 em Itaquiraí/MS. Fonte: <i>Google earth</i> . ....	100
Figura 37 - Eixos principais da estrutura urbana de Itaquiraí/MS. Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	101
Figura 38 – Itaquiraí. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	102
Figura 39 - Itaquiraí. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade. ....	104
Figura 40 - Itaquiraí. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade. ..	104
Figura 41 - Itaquiraí. Mapa axial / situação original – <i>Choice</i> . ....	105
Figura 42 - Itaquiraí. Mapa axial / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	106
Figura 43 – Itaquiraí. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação original – Sinergia. ....	107
Figura 44- Itaquiraí. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação projetada – Sinergia. ....	107
Figura 45 - Itaquiraí. Mapa axial / situação original – Integração global. ....	110
Figura 46 - Itaquiraí. Mapa axial / situação projetada – Integração global. ....	111
Figura 47 - Itaquiraí. Mapa segmentado / situação original – <i>Choice</i> . ....	112
Figura 48 - Itaquiraí. Mapa segmentado / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	113
Figura 49 – Divisão em Estado do Brasil (A) e localização da cidade de Congonhas (B)	114
Figura 50 – Vista do Santuário do Bom Jesus de Matosinhos. Autor. Rogério Luz. ....	115
Figura 51 – Estrutura urbana de Congonhas/MG. Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	116
Figura 53 – Avenida Júlia Kubitscheck. Principal ligação do centro histórico de Congonhas com a rodovia. Fonte: <i>Google earth</i> . ....	117
Figura 54 – Congonhas. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	118
Figura 55 - Congonhas. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade. ....	120
Figura 56 – Congonhas. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade. ....	120
Figura 57 – Congonhas. Mapa axial / situação original – <i>Choice</i> . ....	121
Figura 58 – Congonhas. Mapa Axial / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	122
Figura 59 – Congonhas. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação original – Sinergia. ....	123
Figura 60 – Congonhas. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação projetada – Sinergia. ....	123
Figura 61 - Congonhas. Mapa axial / situação original – Integração global. ....	126
Figura 62 - Congonhas. Mapa axial / situação projetada – Integração global. ....	126
Figura 63 - Congonhas/MG. Mapa segmentado / situação original – <i>Choice</i> . ....	128
Figura 64 - Congonhas/MG. Mapa segmentado / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	129
Figura 65 - Divisão em Estado do Brasil (A) e localização da cidade de Fazenda Rio Grande (B). ....	129
Figura 66 – Estrutura urbana de Fazenda Rio Grande/PR. Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . ....	131
Figura 67 – Vista de trecho já executado da travessia urbana de Fazenda Rio Grande. Fonte: <i>Google earth</i> . ....	132

Figura 68 – Fazenda Rio Grande. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do <i>Google earth</i> . .....	133
Figura 69 – Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade. ....	135
Figura 70 – Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade. ....	135
Figura 71 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – <i>Choice</i> .....	136
Figura 72 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – <i>Choice</i> . ....	137
Figura 73 – Fazenda Rio Grande/PR. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação original – Sinergia.	138
Figura 74 – Fazenda Rio Grande/PR. Gráfico <i>Scatter plot</i> / situação projetada – Sinergia. ....	139
Figura 75 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – Integração global. ....	141
Figura 76 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – Integração global....	142
Figura 77 - Fazenda Rio Grande. Mapa segmentado / situação original – <i>Choice</i> . ....	144
Figura 78 - Fazenda Rio Grande. Mapa segmentado / situação projetada – <i>Choice</i> .....	144

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Valores referentes ao índice de resiliência urbana - Distrito de Anhanduí. ....	92
Tabela 2 - Valores referentes a medida de integração global – Distrito de Anhanduí. ....	94
Tabela 3 – Valores referentes a medida de <i>Choice</i> - Distrito de Anhanduí. ....	98
Tabela 4 - Valores referentes ao índice de resiliência urbana - Itaquiraí. ....	108
Tabela 5 - Valores referentes a medida de integração global – Itaquiraí. ....	110
Tabela 6 – Valores referentes a medida de <i>Choice</i> – Itaquiraí. ....	113
Tabela 7 – Valores referentes aos índices de resiliência urbana – Congonhas. ....	124
Tabela 8 – Valores referentes a medida de integração global – Congonhas. ....	127
Tabela 9 – Valores referentes a medida de <i>Choice</i> – Congonhas. ....	128
Tabela 10 – Valores referentes aos índices de resiliência urbana – Fazenda Rio Grande. ....	139
Tabela 11 – Valores referentes a medida de integração global – Fazenda Rio Grande. ...	141
Tabela 12 – Valores referentes a medida de <i>Choice</i> – Fazenda Rio Grande. ....	143
Tabela 13 - Resultados referentes às medidas que avaliam a resiliência urbana. ....	145
Tabela 14 – Valores de Integração Global. ....	148
Tabela 15 – Valores de <i>Choice</i> Máximo. ....	148

## CAPÍTULO 1 – Introdução

### 1.1 Tema

É inegável o estreito vínculo entre cidades e estradas. Historicamente, estes caminhos atraíam, ao longo do seu traçado, ocupação populacional gerando aglomerações urbanas. Em outras palavras, as cidades surgiram em cruzamentos dos caminhos, ou ao longo deles. Vallejo (1995) sustenta que a estrada de acesso à cidade tem sido o canal onde são estabelecidas as relações da cidade com o seu entorno, funcionando como uma espécie de tentáculo sobre o qual marcará as linhas de futura expansão. Neste mesmo sentido, Panerai (2006:18) afirma que *“a força da relação caminho/cidade é de tal ordem que certas cidades parecem ser tão-somente uma sucessão de estradas em torno das quais se organiza o tecido urbano.”*<sup>1</sup>

Assim, como assinala Carlos (2003) as cidades surgiram em locais estratégicos, tais como nos cruzamentos de antigas rotas, confluência e foz de rios. Seguindo a mesma linha, Medeiros (2006:174) - ao explicar que as cidades são produtos de intenção (e não do acaso) e apontar a sua vinculação com as vias de transporte - ensina: *“[as cidades são] criadas, nascidas e produzidas por certos propósitos: as primeiras casas ocupam margens de rios – pela facilidade de acesso, ou beiras de estradas – pelo contato imediato, e o alinhamento da rua vai sendo composto seguindo a ordem de chegada e prioridade para a função e atividade que estabelece”*. Desta forma, fica claro que o nascimento de uma cidade está intrinsecamente ligado à sua localização e verifica-se uma relação de interdependência entre o espaço urbano (e seus fluxos) e as vias<sup>2</sup>.

Além disso, é inconteste que o crescimento e desenvolvimento das cidades possui uma relação vigorosa com a evolução dos meios de transporte, o que permitiu que maiores distâncias fossem percorridas, fazendo, assim, com que as

---

<sup>1</sup> Nos primórdios do século passado, Marcel Pöete já escrevia que os dois elementos que estão na base de formação e desenvolvimento das cidades são o sítio e o quadro geográfico, sendo que o sítio recebe a cidade, mas é o caminho que dá vida a ela. Poete, M. (1929), **Introduction à l'urbanisme: l'évolution des villes, la leçon de l'antiquité**. Boivin.

<sup>2</sup> Para Villaça (2001:85), as *“vias regionais de transportes constituem o mais poderoso elemento na atração da expansão urbana”*. Villaça, F. (2001), **O espaço intra-urbano no Brasil**. 2 ed. São Paulo: Studio Nobel.

idades fossem expandidas. Corroborando com tal assertiva está a lição de Ascher (2010:19), no sentido de que “o crescimento das cidades esteve correlacionado, ao longo da história, com o desenvolvimento dos meios de transportes [...]”, o autor prossegue, pontuando que “o tamanho das cidades dependeu dos meios de transporte e ‘armazenagem’ das pessoas, particularmente das técnicas de construção em altura, de gestão urbana dos fluxos e do abastecimento (sistema viário, esgoto, água, etc.)”. (ASCHER, 2010:19-20).

Assim, em muitos casos, a rodovia deu origem ao povoamento e operou como um agente de desenvolvimento populacional e econômico. Verifica-se, frequentemente, que cidades de pequeno e médio porte crescem de forma linear ao longo do corpo estradal, fazendo com que a rodovia seja incorporada à estrutura urbana, comportando - além da sua função original do tráfego de longa distância - a circulação de caráter intraurbano. (VILLAÇA, 2001). Os segmentos de rodovias que atravessam essas regiões urbanizadas denominam-se “Travessias Urbanas”.

A relação entre as rodovias e as cidades foi sendo alterada ao longo do tempo. Antes da massificação do automóvel, os volumes de tráfego veicular nas estradas eram diminutos e tais vias adentravam a cidade, sendo incorporadas à malha urbana e, muitas vezes, constituindo a principal avenida dos municípios, havendo abundante interação comercial e social entre os viajantes e a comunidade local. Contudo, com o crescente número de automóveis, fenômeno que no Brasil ganha corpo a partir do Plano de Metas do governo Juscelino Kubistchek na década de 50 e que consagra o modelo rodoviarista, este panorama vai se modificando. O aumento do volume de tráfego interurbano passa a gerar perturbações entre os usos da rodovia e as cidades (SILVA JÚNIOR, 2006).

Assim, de forma paradoxal, ao mesmo tempo em que as cidades e as estradas estão umbilicalmente ligadas, esta relação traz uma série de conflitos e implicações negativas para ambas (estradas e cidade). No que tange aos impactos gerados pelas rodovias sobre núcleos urbanos pode-se destacar: a poluição (atmosférica, visual e sonora); questões relativas ao uso e ocupação do

solo; problemas no deslocamento intraurbano em função da segregação espacial urbana; o rompimento das conexões intraurbanas, dentre outras. Nesta linha, faz-se oportuno trazer a lição de Secchi (1989:553), para quem a estrada é, atualmente, o lugar crucial para uma reflexão sobre o território e a cidade, já que essa *“se converte em um lugar de máxima concentração da contaminação acústica, do ar e paisagística, fragmentando incongruentemente o espaço urbano e o território, fazendo emergir a dispersão das origens, dos destinos e dos movimentos”*. Em suma, pode-se dizer que a lógica de “funcionamento” da cidade é distinta da lógica da rodovia.

A solução usual deste problema tem sido a implantação de contornos, ou anéis rodoviários, com a conseqüente retirada do fluxo de passagem de dentro da cidade. Contudo, hodiernamente, já se encontram vozes destoantes<sup>3</sup>, que questionam a relação custo-benefício destas variantes, e levantam algumas restrições de ordem socioambiental. Nestas situações, caso não seja efetuado um rigoroso controle de uso e ocupação do solo, com possibilidade restrita de acesso à rodovia, os estabelecimentos comerciais que se localizavam na travessia urbana tenderão a migrar para o novo contorno viário, iniciando outro processo de urbanização ao longo da via com a ocorrência dos mesmos problemas anteriormente verificados, além de propiciar um aumento potencial na fragmentação espacial com a criação de novos núcleos urbanos.

Os impactos na acessibilidade do tecido urbano crescem de maneira exponencial quando estes trechos rodoviários são duplicados, ou seja, quando possuem mais de uma pista de rolamento, com separação física entre as pistas (fig. 2) Isso ocorre, pois nesta tipologia de rodovia verifica-se, geralmente, controles e limitações de acessos às propriedades lindeiras em função da normativa técnica vigente, e a presença de obstáculos físicos (defensas metálicas, barreiras de concreto, etc.). Desta forma, comumente em uma rodovia duplicada ocorre a interrupção na continuidade das vias transversais, assim, a quantidade de pontos de transposição, de um lado para o outro da rodovia diminui, quando cotejada com a situação anterior à duplicação. O cruzamento passa a ocorrer apenas em locais específicos, como, por exemplo, viadutos,

---

<sup>3</sup> Esta é a posição da organização internacional *“Friends of Earth”*, fundada em 1969 e com atuação em 74 países.

passagens inferiores e passarelas. Nestas últimas, a possibilidade de transposição restringe-se a pedestres. Todavia, é importante ressaltar que, em determinadas situações, a duplicação de rodovias apresenta aspectos positivos como, por exemplo, a melhora na segurança viária e a diminuição nos tempos de percurso, dentre outros.

Segundo Jiang e Peng (2012), as rodovias localizadas junto a áreas urbanas não atendem às necessidades do transporte não motorizado (pedestres, ciclistas, etc.) por não possuir a infraestrutura adequada como, por exemplo, calçadas em larguras adequadas e número suficiente de cruzamentos. Além disso, os autores alertam que estes problemas se tornam mais agudos quando associado com um grande volume de tráfego de veículos automotores, o que tende a ser verificado em trechos duplicados.



Figura 1 – Exemplo de travessia urbana em pista simples. Rodovia RS-118. Fonte: *Google earth*.



Figura 2 – Exemplo de travessia urbana em pista duplicada, cuja transposição se dá apenas em locais específicos em função da existência de barreira. Rodovia BR-101/SC. Fonte: *Google earth*.

Com efeito, a via que na disposição original auxiliava na articulação do tecido urbano, passa a atuar como uma barreira, alterando a configuração da malha urbana e aumentando, de acordo com a leitura da teoria da sintaxe espacial, o número de passos topológicos entre os dois lados (Van Ness, 2001). Em outras palavras, no dizer de Panerai (2006:153): *“paradoxalmente, ao mesmo tempo em que conecta, a via expressa também isola”*. Se considerarmos o trabalho de Lynch (1997), as travessias urbanas duplicadas poderiam se caracterizadas como limites (*edges*) por constituírem elementos lineares que quebram as linhas de continuidade entre um lado e outro da rodovia. Por vezes, sobretudo em rodovias duplicadas, as vias perpendiculares à rodovia se conectam apenas às vias marginais, e o corpo estradal da rodovia está em um patamar mais elevado, o que causa o seccionamento desta rua perpendicular que não está ligada ao outro lado da rodovia, além de problemas de instrusão visual, conforme pode ser visualizado na figura 3.

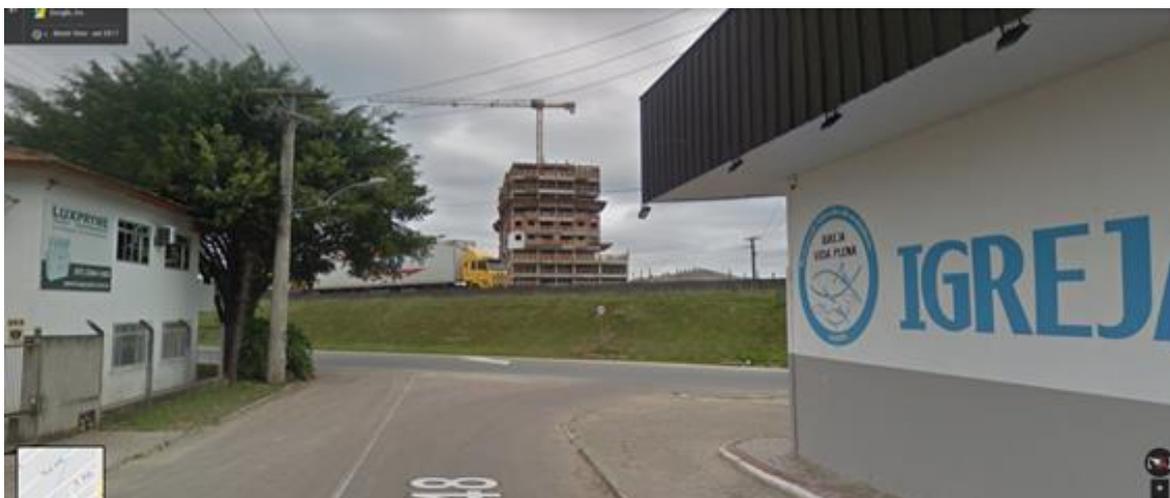


Figura 3 - Vista de uma rua perpendicular à rodovia que está em um nível mais elevado, gerando um talude entre a rodovia e a sua rua lateral. Itapema/SC. Fonte: Google earth.

Importante mencionar que os entes administrativos responsáveis pelas rodovias – e, por consequência, das travessias urbanas – geralmente são os Estados e a União, o que gera dificuldades potenciais na compatibilização da rodovia e da estrutura urbana em seu entorno, pois o ente federativo responsável pela formulação das políticas de ordenamento urbano é o Município. Esta dificuldade de coordenação entre os entes administrativos responsáveis pela a rodovia e pela ordenação do uso do solo da cidade também foi observada em

trabalho de Jiang e Peng (2012) ao analisar a relação entre estradas e urbanização na Coréia do Sul, tendo como uma das causas a existência de entes administrativos distintos, situação semelhante à verificada no Brasil.

Observa-se que as cidades, como produtos culturais, passam por alterações ao longo do tempo. Geralmente estas transformações ocorrem lentamente de forma a se amoldar às interações dos diversos grupos sociais e às próprias aspirações da sociedade (ASCHER, 2010). Entretanto, por vezes, as alterações propostas nas travessias urbanas não são decorrentes da dinâmica urbana do assentamento, mas provêm de demandas oriundas dos usos da própria rodovia. Assim, por exemplo, existem políticas de governo (estadual ou federal) que definem grandes eixos de escoamento da produção agrícola e que para comportar o tráfego necessitam da duplicação da rodovia o quê, por conseguinte, acaba ocasionando a duplicação das travessias urbanas que se encontram no traçado desta via. Assim, nesses casos, a malha urbana tende a suportar uma alteração abrupta na sua estrutura que não é proveniente daquele processo natural de evolução histórica e gradativa do assentamento.

Nesse contexto, ganha relevância o conceito de resiliência urbana, que nas palavras de Cutini (2013:1) é a “(...) *capacidade de um sistema urbano, graças às características dos seus elementos espaciais, suportar transformações abruptas, sem alterar significativamente suas relações mútuas (...)*”. Tal concepção vem ao encontro da proposta deste trabalho, pois a duplicação da travessia urbana tende a promover uma alteração abrupta no tecido urbano. Para operacionalizar a avaliação da resiliência urbana, Cutini (2013) propõe a utilização de medidas configuracionais. Concordando com a proposta de Cutini, para avaliar a resiliência urbana, no presente estudo serão empregados os métodos e técnicas da Teoria da Sintaxe Espacial. Entende-se adequada a utilização do ferramental da Sintaxe Espacial no presente trabalho, pois esta teoria tem o predicado de articular aspectos configuracionais qualitativos e quantitativos. Esta abordagem analisa o espaço urbano para inferir as potencialidades de movimento e reorganizar as relações topológicas quando a estrutura do sistema sofre alterações (Braga, 2013).

## **1.2 Objetivos**

A pesquisa proposta tem por objetivo geral:

*Analisar os efeitos da implantação de duplicação de travessias urbanas na configuração espacial das cidades, aferindo o nível da resiliência à tal intervenção.*

Como objetivos específicos, busca-se:

1. Sintetizar algumas construções teóricas acerca da estrutura urbana, de travessias urbanas, do efeito barreira, da resiliência urbana, dos sistemas configuracionais e da sintaxe espacial;
2. Testar medidas sintáticas e correlações identificadas como sendo capazes de descrever propriedades da estrutura urbana relacionadas à resiliência urbana;
3. Inferir em que medida as propriedades configuracionais possibilitadas pela Sintaxe Especial conseguem identificar alterações na estrutura urbana, em cidades de pequeno e médio porte, relacionadas à implantação de novos elementos viários;
4. Avaliar os efeitos e consequências na morfologia urbana decorrentes da duplicação de travessias urbanas, como forma de prognóstico em relação aos usos do solo.

## **1.3 Objeto da pesquisa**

Neste trabalho, realizado em cidades de pequeno e médio porte<sup>4</sup>, estuda-se o “efeito barreira” provocado pela duplicação do trecho rodoviário localizado no tecido urbano, o que tende a gerar uma fragmentação do território. A justificativa para a delimitação da pesquisa em cidades de pequeno e médio porte se dá em função de que a relação entre rodovias e cidades ocorre de diferentes formas e modos, e os efeitos de duplicação de uma rodovia tendem a apresentar uma dimensão maior em estruturas ou cidades menores. Além disso, não são

---

<sup>4</sup> Conforme Andrade e Lodder (1979), Cidades de Pequeno Porte: cidades com até 50 mil habitantes; Cidades de Médio Porte: cidades de 50 mil a 250 mil habitantes.

encontrados exemplares de grandes cidades que possuem travessias urbanas em fase de duplicação, porque, nestes casos, a solução utilizada é a implantação de contornos rodoviários.

Assim, a proposta da dissertação prevê a investigação em quatro áreas urbanas que atendam ao critério “*existência de travessias urbanas que estão em processo de duplicação ou que foram duplicadas nos últimos 10 anos*”. Além de atender ao critério, os locais selecionados diferem uns dos outros em alguns aspectos, tais como a extensão da travessia ou a estrutura e a morfologia urbana. Os locais selecionados são: Distrito de Anhanduí/MS, Itaquiraí/MS, Fazenda Rio Grande/PR e Congonhas/MG. As diferenças das malhas urbanas dos exemplares examinados permitem examinar o impacto da duplicação na estrutura urbana das cidades escolhidas.

#### **1.4 Justificativa e relevância da pesquisa**

A falta de adequação entre a rodovia e o entorno urbano majoram os conflitos e impactos existentes em ambos. Entende-se que há poucos estudos sobre a interação da rodovia com o seu entorno com vistas a minimizar os impactos negativos sobre o espaço urbano, e, para tal, deve-se buscar a conjugação dos objetivos funcionais da rodovia associadas às necessidades intrínsecas às cidades. Neste ponto são esclarecedoras as palavras de Valenzuela Montes (2000), que diz que em muitos casos o projeto de uma rodovia urbana não é diferente daquele de uma rodovia fora do perímetro urbano, concluindo que, geralmente, sob o enfoque do engenheiro rodoviário, a cidade é considerada como um estorvo físico e técnico. É neste ponto que o campo do planejamento urbano poderia ter uma participação mais direta nas discussões sobre implantação de infraestruturas viárias em áreas urbanas, sobretudo naquelas que afetam diretamente a configuração espacial das cidades e, por conseguinte, alteram o dia-a-dia, influenciando na qualidade de vida dos moradores locais.

Em conformidade com o preconizado por Anciaes *et al* (2016), entende-se que o presente trabalho, ao aferir indicadores de desempenho do espaço público, pode contribuir para a geração de opções para a concepção de novas

infraestruturas de transportes ou o redesenho da infraestrutura existente de modo a minorar os impactos do “efeito barreira”.

O tema “*community severance*” é bastante atual, sendo objeto de pesquisas em diversos locais, destacando-se, entre elas, o projeto realizado pelo grupo de estudos “*Street mobility and network accessibility*” da University College London / UCL - berço da Sintaxe Espacial.

A presente pesquisa ganha relevância quando se verifica que está em curso, no país, um plano de melhoramentos na infraestrutura logística<sup>5</sup>. Este, tem a previsão de duplicação nos próximos cinco anos de mais de 5.000 km de rodovia em todo o Brasil, sendo que em muitos casos o traçado proposto continuará cortando áreas urbanas. Cita-se, como exemplo, o caso do estado de Mato Grosso do Sul onde até meados de 2016 existiam aproximadamente 20 km de rodovias federais duplicadas, e, em apenas um ano já foram executados mais de 100 km de duplicação e espera-se, para os próximos 5 anos, a duplicação de mais 700 km de rodovias naquele estado.

O presente estudo justifica-se, também, pela tentativa de aproximação entre as áreas do planejamento urbano e da engenharia rodoviária. Sugere-se que, nos casos de travessias urbanas, os conhecimentos de ambos os campos poderiam ser agregados de forma a possibilitar melhores resultados na configuração espacial da cidade e na função da rodovia, atenuando os efeitos negativos em ambos. Diante do exposto, a relevância da pesquisa proposta está centrada no suporte ao planejamento integrado de rodovias e cidades.

### **1.5 Problema de pesquisa e hipóteses**

Diante das discussões apresentadas, designa-se como problema de pesquisa:

*Identificar as consequências, na configuração espacial urbana, em assentamentos que foram afetadas pela duplicação de travessias urbanas e qual o nível de resiliência destas estruturas urbanas em função das repercussões constatadas.*

---

<sup>5</sup> O Governo Federal lançou em 09 de junho de 2015 a segunda fase do Programa de Investimentos em Logística (PIL), que foi um projeto que previa, dentre outras ações, a expansão e melhorias na malha rodoviária nacional. A Lei nº 13.334/2016 criou o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) com objetivos semelhantes ao PIL.

Com base no problema da pesquisa, acima enunciado, formula-se a seguinte hipótese central:

*A duplicação de uma travessia urbana, na forma como é comumente realizada, majora os impactos negativos derivados do “efeito barreira”, em função da interrupção de eixos viários e a consequente descontinuidade gerada na malha urbana, e é possível identificar níveis de resiliência urbana em função da estrutura e da dimensão da tessitura urbana.*

### **1.6 Estrutura do trabalho**

Considerando os objetivos acima elencados, o presente trabalho é disposto em quatro partes, além desta introdução. Assim, em sequência a esta primeira parte introdutória, propõe-se, no Capítulo 2, a apresentação do referencial teórico imprescindível à realização da pesquisa. Desta forma é realizado um estudo, por meio de revisão da literatura de forma a delinear as definições de sistema viário e estrutura urbana, travessias urbanas, efeito barreira, resiliência urbana, sistemas configuracionais e sintaxe espacial. Além disso, a teoria configuracional da Sintaxe Espacial, utilizada no trabalho como ferramenta de análise espacial é adotada como abordagem consistente para investigar os sistemas urbanos e suas características configuracionais.

No capítulo 3 é apresentada a abordagem metodológica, fundamentada no conflito potencial entre a duplicação de travessias urbanas e a rede espacial. O objetivo é avaliar a resiliência urbana e o comportamento da estrutura urbana que sofreu uma alteração abrupta em seu sistema viário, mediante a utilização de medidas configuracionais. Assim, neste capítulo, são apresentadas as diversas fases que serão desenvolvidas pelo trabalho, desde a prospecção dos dados até as análises sintáticas e morfológicas, explicando os métodos e técnicas adotadas para implementar a metodologia. No Capítulo 4, uma aplicação da metodologia desenvolvida é examinada mediante estudos de caso, sendo escolhidos os seguintes exemplares: Distrito de Anhanduí/MS, Itaquiraí/MS, Congonhas/MG e Fazenda Rio Grande/PR. Por fim, no Capítulo 5, são resgatados os objetivos da

pesquisa realizada, são delineados e discutidos os resultados encontrados, os limites da pesquisa e sugestões de estudos futuros.

## **CAPÍTULO 2 – Referencial teórico**

Este capítulo se refere à apresentação de conceitos, premissas teóricas e linhas de abordagens relevantes que fundamentam e ilustram o tema tratado no presente estudo. Assim, apresenta-se a revisão bibliográfica sobre: a) sistema viário e estrutura urbana; b) travessias urbanas; c) efeito barreira; d) resiliência urbana; e) modelos, sistemas e sistemas configuracionais urbanos; f) sintaxe espacial.

### **2.1 Sistema Viário e Estrutura Urbana**

#### *2.1.1 Introdução*

Ao longo da história, os variados tipos de atividades urbanas foram realizados nas ruas principais, ou seja, naquelas que não tinham apenas a vocação ou a função para a circulação, mas eram os locais que propiciavam o encontro entre as pessoas, fazendo com que houvesse uma relação entre as ruas com maior movimento e os lugares urbanos mais significativos. A urbanística moderna quebrou esta relação entre lugar urbano e movimento, promovendo a cisão entre estes dois elementos (Marshall, 2005). Assim, as vias principais seriam segregadas e teriam a vocação para o tráfego rápido motorizado, enquanto que o encontro das pessoas e o desenvolvimento das outras atividades urbanas estariam localizadas junto às vias de menor tráfego, ou seja, nas palavras de Marshall (2005:4), “[...] os lugares urbanos se tornariam recintos mais tranquilos”.

Este fenômeno, de separação do movimento das pessoas e dos lugares de encontro e realização de atividades, gerou uma série de consequências. Dentre elas, observa-se um desmembramento entre o planejamento do sistema viário – visto como canais de circulação - e a atividade de planejamento urbano vista como ordenadora dos espaços públicos<sup>6</sup>. Este fracionamento passou a ser verificado também no próprio processo de concepção destes elementos, fazendo com que as vias passassem a ser objeto de trabalho apenas dos engenheiros

---

<sup>6</sup> Marshall (2005) observa que a rua urbana tinha tradicionalmente três papéis que eram tratados de forma unitária: circulação (rua como ligação da rede de tráfego), espaço público (rua como espaço aberto relacionada com a ocupação do solo) e fachada construída. Marshall, S. (2005), **Streets and patterns**. Routledge.

rodoviários e de tráfego, enquanto que planejadores urbanos se dedicariam apenas às questões atinentes aos espaços públicos abertos que não tinham como função primordial a circulação de bens e pessoas. Desta forma, e considerando as valências e as áreas de estudo do engenheiro rodoviário, o projeto das vias ficou restrito a cálculos de fluxos de tráfego, concebendo os diversos componentes da via de forma isolada, sem considerar a totalidade do sistema e a articulação com os outros componentes do espaço urbano (Marshall, 2005).

### 2.1.2 Vias, estrutura urbana e fluxos

No contexto apresentado, as vias são os espaços públicos abertos por onde circulam as pessoas e os veículos. Para Lamas (2004:100), o traçado das vias “[...] estabelece a relação mais directa de assentamento entre a cidade e o território.” De acordo com Dias (2014:94) “A via é o suporte, por excelência, da circulação urbana, sendo constituinte da forma urbana da cidade, uma vez que ela determina as quadras e o fluxo da cidade de acordo com sua hierarquia.” Em outras palavras, pode-se dizer que a malha viária organiza o tecido urbano. Lynch (1997:106) afirma que as vias “[...] são o meio mais poderoso pelo qual o todo pode ser ordenado” e é o conjunto destas vias que estruturará a cidade. O mesmo sentido é encontrado na lição de Marshall (2005) para quem o transporte não é apenas um uso do solo, pois as ruas constituem o “espaço de movimento” que forma o conectivo essencial da tessitura do espaço público urbano. O autor arremata afirmando que “[...] o espaço das ruas forma o núcleo básico de todo o espaço público urbano [...] formando uma rede contígua pelo qual tudo está ligado a todo o resto.” (MARSHALL, 2005:13). Mesmo considerando suas especificidades, é possível ver um traço comum nas definições apresentadas: as vias não se restringem apenas à função de circulação, mas possuem um papel estruturante do meio urbano.

De forma genérica, Pereira *et al* (2011, p. 8) aludem que a configuração urbana pode ser entendida como a ‘estrutura espacial das cidades’ e refere:

*“[...] [a]o conjunto de relações entre o padrão de barreiras e de permeabilidades que constituem a própria estrutura física do espaço, onde a forma de disposição espacial relacional desses elementos pode proporcionar maiores ou menores*

*facilidades (e restrições) para a sociedade desempenhar suas atividades no espaço, incluindo a circulação de pessoas.”*

Estas relações entre permeabilidades (espaços) e barreiras (formas) são estudadas, segundo Medeiros e Holanda (2007), a partir do conceito de “forma-espaço” que, simplificada, refere-se à análise entre os cheios (espaços construídos) e vazios (vias) e suas relações. Segundo Crowther & Echenique (1975) as cidades poderiam, também, ser divididas em objetos físicos (espaços construídos) e atividades humanas (trabalhar, estudar, deslocar, etc.). Realizando a articulação entre estes dois elementos estão os fluxos. Diante de todo o exposto, mostra-se acertada a posição de Batty (2013), que propõe uma nova forma de olhar a cidade. Aí ela deve ser encarada como uma constelação de interações, relações, fluxos e redes, ao invés de um conjunto de locais, sendo os lugares, na verdade, uma síntese de interações. Dessa forma, quando o sistema viário urbano é alterado de maneira significativa – como, por exemplo, em uma duplicação de travessia urbana - o fluxo de tráfego veicular e peatonal, também é modificado, provocando o reordenamento das redes e relações existentes na cidade.

### *2.1.3 Tipologias da forma urbana*

Considerando os objetivos deste trabalho, a análise de quatro exemplares distintos de assentamentos e a comparação entre eles, mostra-se necessária a busca de uma classificação das tipologias de estruturas urbanas. Preliminarmente, cabe mencionar que não se ignora as críticas a este tipo de categorização. Nesta perspectiva cita-se a discordância de Julienne Hanson (1989) no sentido de que a busca por classificar as tipologias da estrutura urbana não se mostra útil porque, geralmente, as descrições são bastante simples, não refletindo a complexidade da malha urbana. Não obstante isto e em função da justificativa explanada, para este trabalho, propõe-se a classificação proposta por Stephen Marshall (2005) no livro *Streets & Patterns*, a qual apresenta quatro tipos básicos de estrutura urbana (fig. 4), o que, segundo o autor, reflete padrões típicos da malha viária. Para fins metodológicos Marshall relaciona cada tipo de estrutura com as diversas fases de crescimento das cidades.

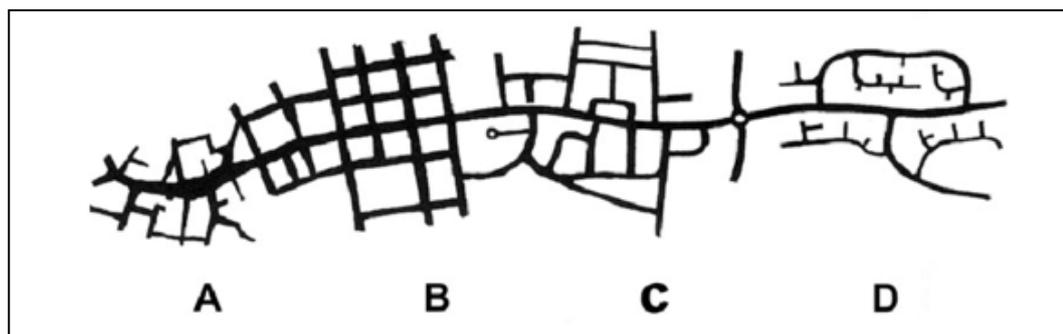


Figura 4 – Tipologia ABCD. Fonte: Marshall (2005)

O tipo 'A' caracteriza-se pela angularidade das vias, orientadas em várias direções gerando uma “*radialidade rudimentar*”, verificado na área central das antigas cidades. O tipo 'B' é típico de extensões planejadas ou novos assentamento, identifica-se pela prevalência de ligações perpendiculares de quatro vias, em forma de grelha regular. Já o tipo 'C' estrutura-se em torno de uma via arterial e talvez seja o tipo mais geral que pode ser encontrado em vários pontos de um assentamento. O tipo 'D', por seu turno, é típico do tecido hierárquico moderno, associando as vias distribuidoras com ramificações ou *loops*, com um toque de desurbanidade. Algumas cidades possuem todos os tipos apresentados (Marshall, 2005:84).

Percebe-se que esta categorização possui pontos que convergem para outras proposições de classificação. Alexander (1965), por exemplo, propõe a diferenciação das formas em dois tipos: i) naturais, que surgem sem nenhum projeto prévio, de modo “natural” e ii) artificiais, que são frutos de projetos e planejamento urbano. Intuitivamente, nesta classificação, podemos relacionar as cidades naturais com aquelas do tipo 'A' propostas por Marshall e as artificiais com aquelas do tipo 'B' e do tipo 'D'. Kostof (1991) argumenta que a forma urbana poderia ser dividida em dois tipos básicos: i) orgânica ou irregular e ii) grelha ou regular, mas reconhece que atualmente se mostra difícil encontrar cidades que se enquadrem em apenas um destes tipos, pois as formas não são homogêneas.

O próprio Marshall (2005) também relaciona as classes de cruzamentos entre vias com a tipologia da forma urbana. Assim, ele aduz que os cruzamentos do tipo “X” estão mais presentes nas formas do tipo “B” e os cruzamentos do tipo “T” correspondem às ligações verificadas nas formas do tipo “D”. Considerando o tema do presente trabalho, observa-se que há uma tendência para que as

travessias urbanas, em pista simples, apresentem conexões em “X”, enquanto que as travessias urbanas em pista duplicada com dispositivos físicos que separam as pistas há um predomínio de cruzamentos do tipo “T”, caracterizada pelo seccionamento das vias perpendiculares à rodovia.

#### 2.1.4 Estrutura urbana e conexões

A partir dos ensinamentos de Christopher Alexander e Jan Gehl, Salingaros (2005) trabalha com o conceito de teia urbana e aponta a importância da conectividade desta teia. O autor ensina que a teia urbana é uma estrutura complexa, composta pelo espaço entre as construções, como por exemplo: área de pedestres, áreas verdes e caminhos. Os três princípios que estruturam a teia urbana são: i) nós que são as atividades humanas (casa, trabalho, serviços, igreja, etc.); ii) conexões, se forma entre nós complementares (por exemplo, casa-trabalho; casa-estudo); e iii) hierarquia é a auto-organização que cria uma hierarquia entre as conexões, desde caminhos para pedestres até as vias de maior capacidade de tráfego.

Ainda, segundo Salingaros (2005), o objetivo da teia urbana é formar conexões otimizadas de modo a propiciar a articulação entre as diversas partes do sistema. Deste modo, o autor assevera a importância de uma boa conectividade da teia, no sentido de que as conexões possibilitem a existência de múltiplos caminhos para alcançar qualquer ponto (nós) do sistema (figura 5). O autor prossegue observando que a existência de cruzamentos em “X” refletem em um número maior de rotas para atravessar a cidade e, neste caso, se uma conexão entre dois nós for interrompida, ainda é possível constatar o funcionamento da cidade. Por outro lado, quando verificadas muitas vias com cruzamentos do tipo “T” ou *cul-de-sacs*, haverá um maior isolamento dos nós o que prejudica o desenvolvimento da teia urbana. Observa-se que o autor afirma que a forma demonstrada na figura 5 (b) tende a ser melhor, quando comparada com a forma da figura 5 (a), pois com aquela distribuição há uma melhor qualidade das conexões e não se restringe a ligação entre os nós a apenas um eixo.

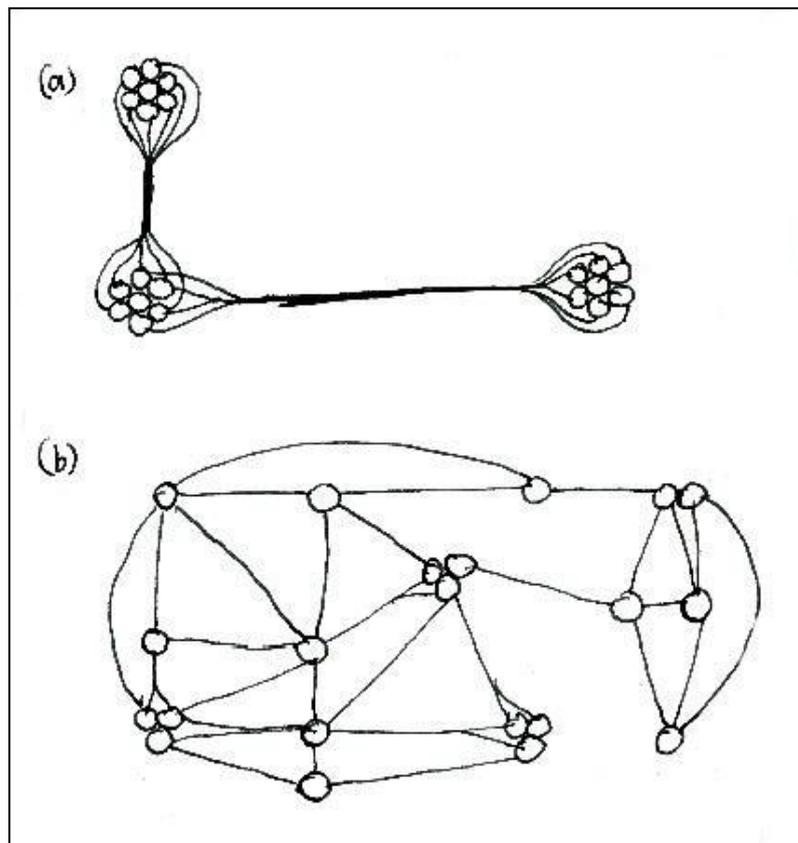


Figura 5 – (a) nós concentrados em três agrupamentos e se ligam por apenas dois canais; (b) nós distribuídos em conexões que operam de melhor maneira. Fonte: Salingaros (2005)

## 2.2 Travessias Urbanas

### 2.2.1 Introdução

Como exposto anteriormente cidades e rodovias possuem uma relação forte de atração. Muitas cidades surgiram em entroncamentos de rotas e se desenvolveram de forma linear ao longo do traçado da rodovia. Assim, a rodovia que originalmente possuía apenas a função de prover a ligação entre núcleos distantes, é englobada pelo tecido urbano, passando a fazer parte da rede de fluxos intraurbanos, interferindo nas dinâmicas urbanas, alterando as acessibilidades e influenciando diretamente no uso e ocupação do solo urbano.

### 2.2.2 Conceito

Travessias urbanas são, basicamente, trechos de rodovias que atravessam áreas urbanas. Observa-se que a normativa técnica brasileira não conceitua a expressão travessia urbana. O DNIT publicou, em 2010, o “*Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas*”, o qual possui uma seção específica de

“Definições” que traz uma série de vocábulos e expressões com a respectiva conceituação, entretanto, de forma paradoxal, não apresenta a definição de travessia urbana que é o objeto do manual. Igualmente, a publicação “*Glossário de termos técnicos rodoviários*”, datada de 1997, de autoria do DNER<sup>7</sup> – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, que possui grande número de verbetes, não apresenta a conceituação da expressão travessia urbana. Acredita-se que esta ausência de expressa definição se deve ao fato de que o vocábulo travessia urbana já está disseminado no vocabulário atinente à engenharia rodoviária.

Para Trinta (2001:20) travessia urbana é uma “*rodovia ligando dois pontos que, na sua trajetória, atravessa outras áreas densamente povoadas, sem se constituir em ponto de origem ou destino dos usuários da via.*” Utiliza-se, neste trabalho, o conceito de travessias urbanas apresentado por Amin (2012:35):

*As travessias urbanas de rodovias são segmentos de rodovias que atravessam áreas urbanas. Caracterizam-se por apresentar concentração populacional nas suas áreas adjacentes e a necessidade de atender e conciliar, a demanda de tráfego de dois tipos diferentes de usuários: os de longa distância e o local.*

Observa-se, contudo, que quando se alude a travessias urbanas, não está a se referir às vias expressas urbanas, que constituem importantes eixos dentro da hierarquia viária urbana, caracterizados pelo considerável número de faixas de rolamento, controle de acessos, baixa interferência com outras vias e alta velocidade desenvolvida pelos veículos. Embora tais características sejam comuns também às rodovias, estas podem ser diferenciadas basicamente pelo tipo de tráfego que as utiliza. Enquanto as rodovias comportam principalmente fluxos de veículos de longa distância, que se deslocam entre cidades, regiões ou até estados, as vias expressas urbanas possuem um tráfego voltado para os deslocamentos intra-urbanos.

---

<sup>7</sup> O DNER foi o órgão substituído nas suas funções pelo DNIT em virtude do disposto na Lei 10.233/2001 que reestruturou o sistema nacional de transportes.

### 2.2.3 Classificação

No que se refere a diferenciação dos tipos de travessias urbanas, utilizar-se-á a classificação de 5 tipos, proposta por Trinta (2001) em estudo monográfico sobre o tema.

#### a. Travessia simples

Corresponde àquelas travessias onde a rodovia de longo curso atravessa uma área urbana (normalmente de pequeno porte) sem perder suas características funcionais, com predominância do tráfego de passagem, mas não tendo maiores restrições de ingresso, o que possibilita o seu acesso e a sua transposição entre um lado e outro do assentamento.

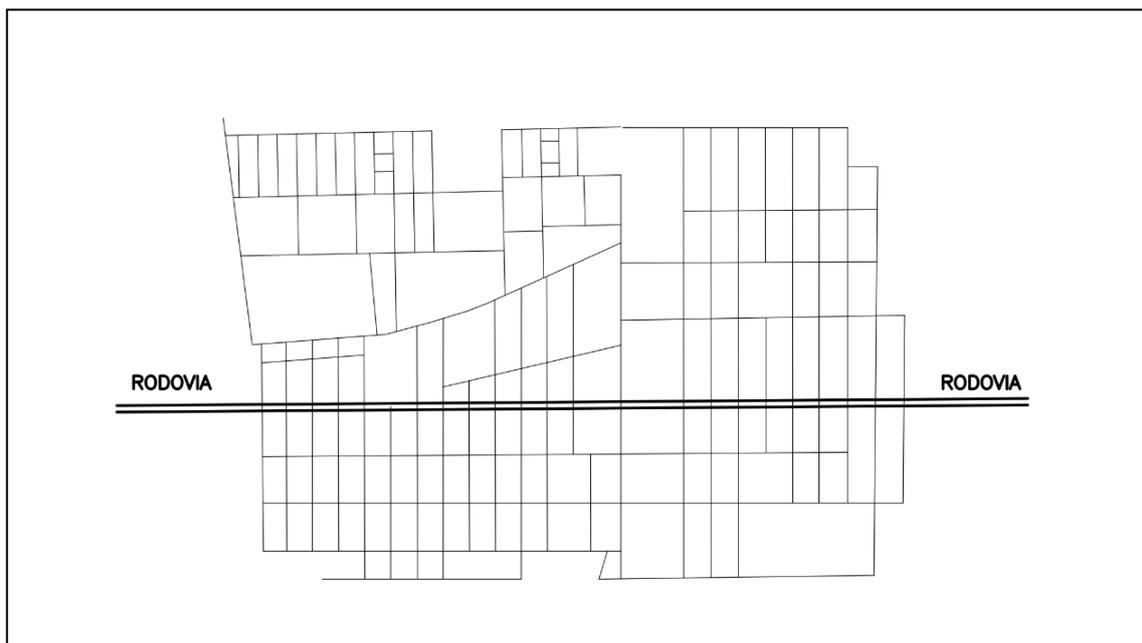


Figura 6 – Travessia simples. Fonte: o autor

#### b. Travessia com utilização de segmentos de ruas locais

O tráfego de passagem utiliza-se de vias locais. Nestes casos, geralmente, a cidade se formou antes da construção da rodovia, ou a acessibilidade se deu até o perímetro urbano por um dos lados da cidade e, posteriormente, necessitou-

se de uma nova conexão pelo lado oposto para realizar a ligação com outro local. Desta forma, o tráfego de passagem utiliza-se de logradouros locais e com características típicas de vias urbanas.

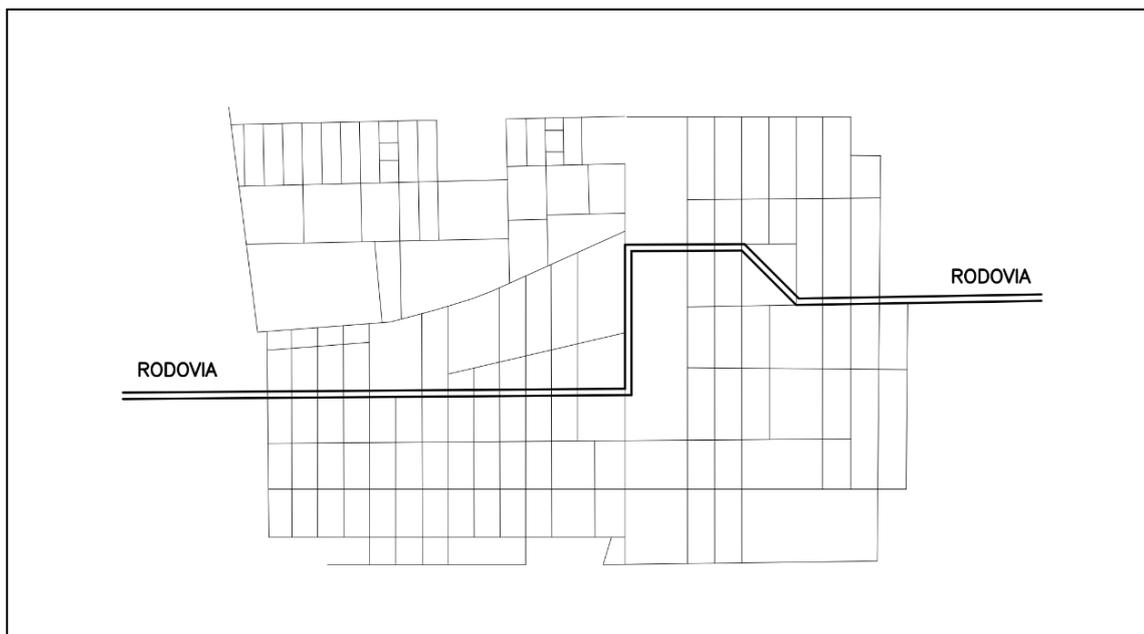


Figura 7 – Travessia com utilização de segmentos de ruas locais. Fonte: o autor

### c. Travessia com acesso controlado

Geralmente tem origem em uma travessia simples que com o passar do tempo, em função do desenvolvimento urbano e o aumento do tráfego de longa distância, tornou-se necessária a inclusão de controle de acesso, de modo a segregar o tráfego de longa distância do tráfego local, permitindo o acesso à rodovia e à área urbana em apenas alguns pontos predeterminados em locais previamente preparados ao longo da travessia. Neste tipo de travessia, costumeiramente verifica-se a existência de ruas laterais à rodovia que fazem a interface entre o tecido urbano e a própria rodovia. Normalmente, este tipo de travessia é verificado em áreas urbanas onde a rodovia é duplicada.

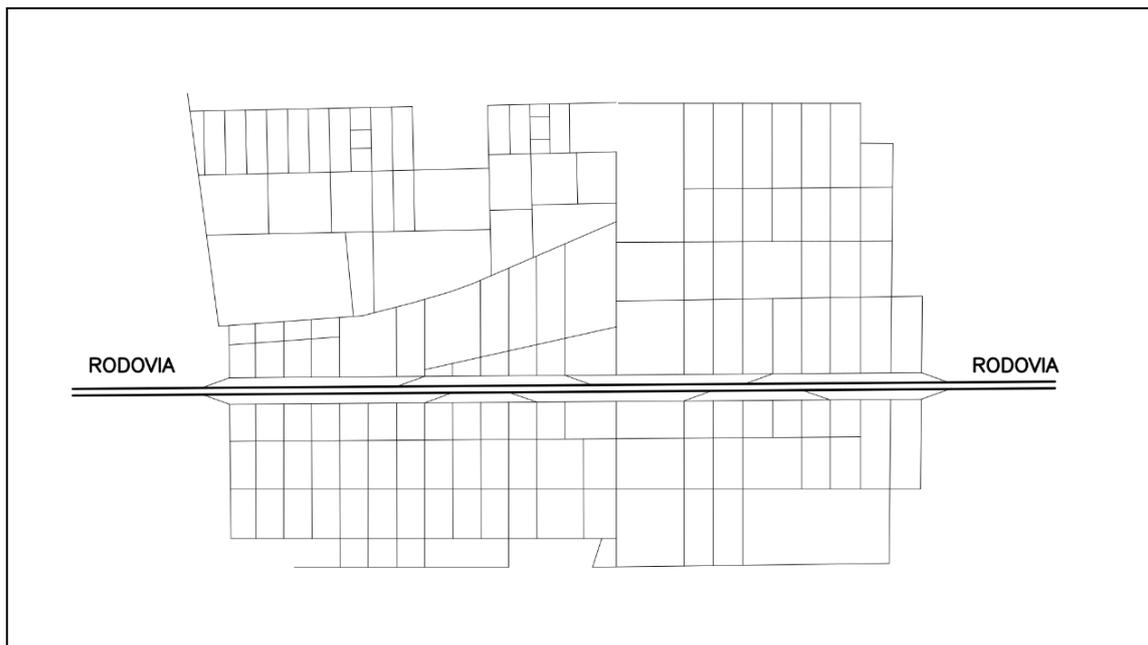


Figura 8 – Travessia com acesso controlado. Fonte: o autor.

d. Travessia com acesso bloqueado

Neste caso, o acesso à área urbana ocorre antes ou no início do perímetro urbano, de forma que não é possível o acesso à cidade ao longo da travessia urbana, segregando totalmente os dois tipos de tráfego (de longa distância e local). Esta classe de travessia não possui exemplo fático no Brasil.

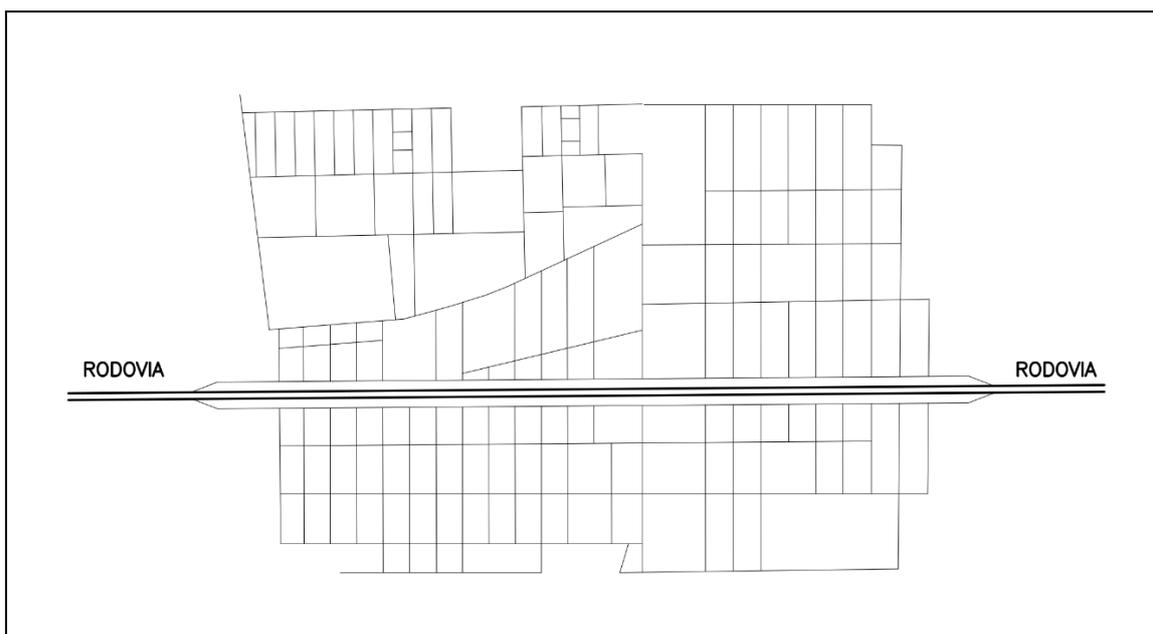


Figura 9 – Travessia com acesso bloqueado. Fonte: o autor.

e. Contorno urbano ou anel viário<sup>8</sup>

O contorno ou anel viário é verificado quando existe um grande volume de tráfego de veículos na rodovia que sofre as interferências do fluxo local de forma a saturar a rodovia e suas vias laterais. Em algumas raras situações a expressão contorno urbano é utilizada como sinônimo de anel viário, entretanto, são figuras distintas que não devem ser confundidas. Contorno urbano (ou contorno viário) é “*trecho de rodovia destinado à circulação de veículos na periferia das áreas urbanas, de modo a evitar ou minimizar o tráfego no seu interior, sem circundar completamente a localidade, iniciando e terminando em uma rodovia federal, em pontos distintos*” (grifo nosso) (DNIT, 2009:2). Por seu turno, anel viário é “*trecho de rodovia destinado à circulação de veículos na periferia das áreas urbanas, de modo a evitar ou minimizar o tráfego no seu interior, circundando completamente a localidade, interligando duas ou mais rodovias federais.*” (grifo nosso) (DNIT, 2009:2).

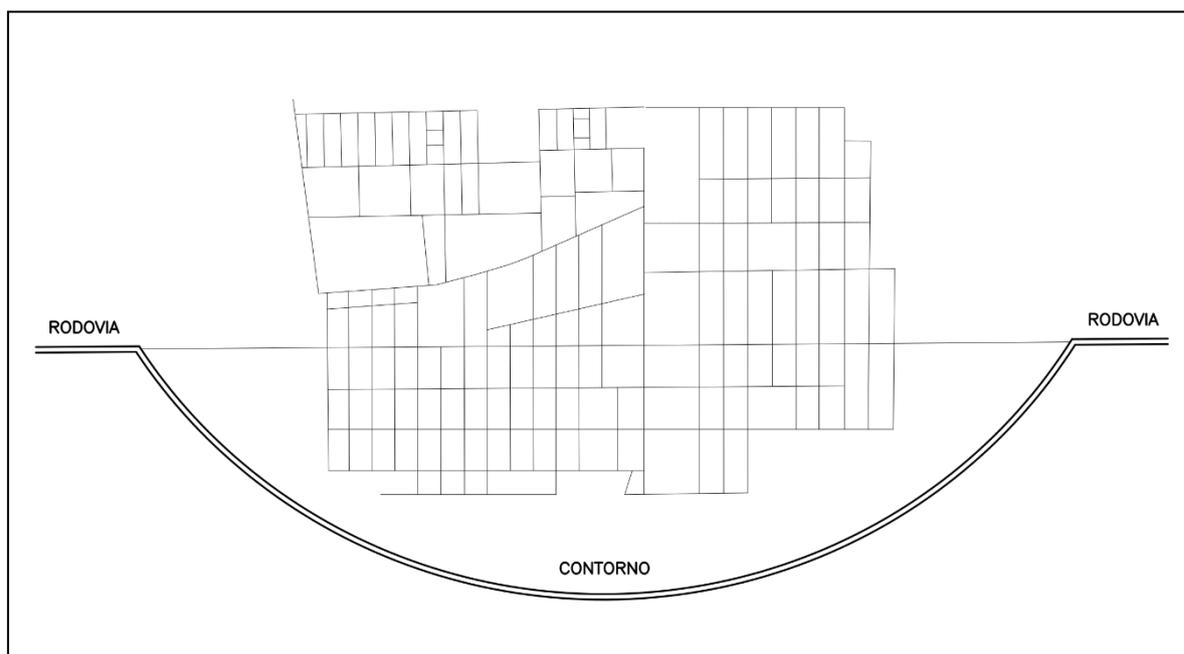


Figura 10 – Contorno urbano. Fonte: o autor.

<sup>8</sup> Observa-se que estes “tipos” não estão aderentes ao conceito de “Travessia Urbana” utilizado neste trabalho, pois, na maioria das vezes, os contornos e anéis viários localizam-se em áreas não urbanizadas. Entretanto, optou-se por apresentá-los para manter a classificação original proposta por Trinta (2001).

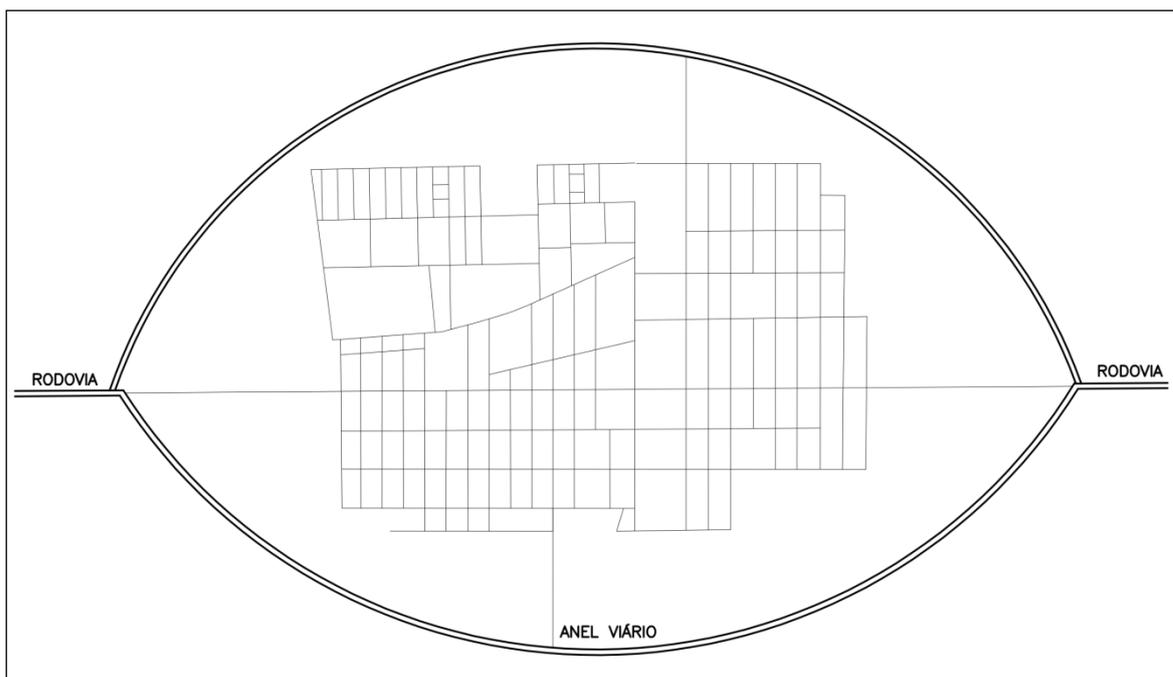


Figura 11 – Anel viário. Fonte: o autor.

#### 2.2.4 Problemas

Conforme exposto anteriormente, no que concerne às suas funções, as travessias urbanas acarretam impactos negativos tanto sob a ótica do ambiente rodoviário quanto da perspectiva da ambiência da cidade. O compartilhamento da rodovia com o trânsito local causa interferências na fluidez de tráfego e uma ampliação de conflitos e acidentes, o que impacta diretamente na mobilidade dos veículos em deslocamentos interurbanos de longo curso. Por outro lado, a presença da rodovia com o controle de acessos – e por consequência com a redução da sua conectividade - dificulta o movimento e a ligação entre um lado e outro da via, que ocorre em pontos de passagem específicos, gerando impacto negativo na acessibilidade dos deslocamentos intraurbanos, sobretudo para pedestres e ciclistas.

Observa-se que as travessias urbanas, sobretudo quando duplicadas, se assemelham às vias expressas urbanas, de forma que é extremamente pertinente a reflexão de Panerai (2006:153) no sentido de que “*paradoxalmente, ao mesmo tempo em que conecta, a via expressa também isola*”. Assim, a duplicação da rodovia e a consequente inserção de elementos físicos divisórios nesta via ocasionará a descontinuidade das ruas perpendiculares a ela, gerando um

rompimento na tessitura urbana. Esta ruptura no tecido urbano, gera a fragmentação espacial, que, por seu turno, poderá dar causa a ocorrência de segregação socioespacial.

O próprio Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes – DNIT, órgão executor subordinado ao Ministério dos Transportes do Brasil, admite que “*A existência ou inserção de uma rodovia em zona urbana estabelece um conflito, espaço viário x espaço urbano, com sérios impactos negativos para ambos [...]. Os impactos negativos mais importantes detectados nestes casos são: (...) b) segregação urbana / alteração das condições de acessibilidade;*” (DNIT, 2005: 43). No mesmo sentido<sup>9</sup>, Trinta (2001:32) utiliza o termo segregação urbana no sentido de restrição de acessibilidade: “*Quando a área urbana se adensa ao redor de um trecho rodoviário provoca a segregação espacial urbana pela divisão das áreas que são cortadas pela rodovia, impedindo o livre acesso entre ambas as partes da cidade.*” Apropriando o conceito de fragmentação ao campo da configuração espacial, cita-se Peponis *et al* (1989) para quem a fragmentação da grelha pode ser percebida pela baixa conectividade entre as partes.

Mouette (1998:40) relaciona a segregação populacional com o efeito barreira já que este “*pode ocasionar a segregação de parte da população, em detrimento de outra parte, ao impedir que a primeira atinja determinado local, desta forma ficando separada e isolada de locais e pessoas.*” Verifica-se que o efeito barreira gerado pela existência de uma rodovia no meio urbano, o que é majorado pela duplicação desta rodovia, ao fragmentar a malha urbana tende a acarretar a segregação sócio espacial de parcela da população local, além de outros efeitos como mudanças de centralidade, alteração nos hábitos de utilização da cidade, alteração dos lugares de compra e lazer e outros. A extensão da mancha urbana e a categoria da rodovia tendem a influenciar os níveis de conflitos e impactos.

---

<sup>9</sup> Conforme Bellia e Bidone (1993:103): “*A segregação urbana pode ser definida como o estado em que os usuários de uma parte da cidade, ou núcleo urbano, tem seu acesso dificultado a outra parte da mesma cidade ou núcleo urbano, em virtude da existência de obstáculo, gerando problemas de compartimentação. No caso desta subseção, este obstáculo é a via de transporte rodoviário.*” Bellia, V., Bidone, E. D. (1993) **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. Niterói: Editora Universitária – UFF.

Neste ponto, a intervenção em rodovias junto a áreas urbanas possui um elemento que corrobora com a falta de harmonização com o entorno e a consequente formação de fragmentações<sup>10</sup>, que é o fato de que a rodovia é de responsabilidade de ente político diverso do município. Assim, o projeto de uma nova rodovia (ou mesmo de intervenção para aumento de capacidade), cuja atribuição é de um órgão do poder público federal ou estadual, pode conflitar com os ordenamentos territoriais e de trânsito de competência do município, provocando consequências negativas para o município.

Por fim, cabe trazer os ensinamentos de Marshall (2005) o qual aponta que em determinado período da história, com o advento do modernismo, houve a divisão no processo de trabalho no planejamento das cidades, ficando o engenheiro rodoviário responsável pelo projeto do sistema viário e infraestruturas e o arquiteto e urbanista concentrando-se apenas nas edificações.<sup>11</sup> Assim, na concepção das infraestruturas de transporte temos a figura do engenheiro rodoviário cujo foco é a fluidez do tráfego, e que, na maioria das vezes, atua de modo análogo nos projetos de rodovias em áreas rurais e em regiões urbanizadas, desconsiderando as peculiaridades destas últimas. Seguindo por esta linha, Marshall (2005) prossegue, afirmando que o enfoque no tráfego resume o processo de planejamento apenas a cálculos matemáticos com o objetivo de otimizar um número limitado de variáveis (fluxo de tráfego, cinética do movimento veicular, etc.), subordinando os demais elementos presentes.

### **2.3 Efeito Barreira**

Conforme dito acima, um dos efeitos negativos gerado pela existência de rodovias em áreas urbanas é a fragmentação do tecido urbano e a dificuldade de transposição de um lado a outro da via. Mouette e Waisman (1999:33) utilizaram

---

<sup>10</sup> Conforme Alves (2015:17) “As rodovias são um exemplo típico das ações desses agentes que, visando melhoria nos fluxos e na acessibilidade, realizam obras sem identificar os possíveis resultados (com aspectos positivos e/ou negativos) dessas ações sobre a organização urbana e local, embora essas intervenções tenham repercussões nessas escalas, podendo gerar transformações na malha urbana que afetam a vida das populações envolvidas.” Alves, D. (2013). **Travessia Rodoviária Urbana e Repercussões na Estrutura Urbana: O caso de Terra de Areia-RS**. PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

<sup>11</sup> Sobre este assunto, cabe trazer a exposição de Geddes: “O arquiteto está acostumado aos edifícios isolados ou, no máximo, aos planos de ruas; o engenheiro civil, às ruas e aos quarteirões, e ambos relutam em ampliar a visão” GEDDES, P. (1994), **Cidades em evolução**. Campinas: Papirus.

o termo efeito barreira “[...] para denotar as restrições ou inibições ocasionadas pelo tráfego e pela via de circulação, gerando uma impedância ao livre movimento dos pedestres entre os dois lados da via”. Observa-se que estes autores especificaram que o efeito barreira refere-se, exclusivamente, às restrições impostas ao movimento de pedestres. Por seu turno, na experiência internacional, para indicar tal fenômeno, é utilizado o termo “*community severance*” que, nas palavras de Anciaes *et al* (2016), descreve os efeitos da infraestrutura de transportes ou tráfego motorizado como uma barreira física ou psicológica que separa uma área construída de outra área construída ou espaço aberto. Neste caso, os autores não restringem as decorrências do efeito barreira apenas no grupo de pedestres, mas como um fenômeno que gera consequências negativas em todos os modos de transporte.

O efeito barreira pode resultar da implantação de uma nova via, de alterações no sistema de transporte e nas vias existentes, ou apenas do incremento de tráfego. Os impactos do efeito barreira são resultantes da dificuldade ao acesso do pedestre ao outro lado da via, de forma a reduzir a acessibilidade a locais, estabelecimentos e facilidades existentes ao lado oposto de onde se encontra o pedestre (MOUETTE e WAISMAN, 2004).

Desta forma, ao implantar a duplicação de uma rodovia, esta passa a ter mais de uma pista de rolamento, com a presença de obstáculos físicos que separam estas pistas. Assim, ao tratar da duplicação de rodovias, Ulysseá Neto e Dias (2003) concluem que ao impedir a travessia livre de um lado para o outro da via, esta espécie de bloqueio longitudinal ocasiona, frequentemente, a interrupção de ruas existentes o que obriga os usuários a percorrerem distâncias notadamente maiores do que aquelas percorridas anteriormente à intervenção realizada. Oportunas e esclarecedoras são as palavras de Secchi (2006:113):

*(...) os grandes canais da mobilidade, ferrovias sobrelevadas e subterrâneas, feixes de ruas e de viadutos, eixos equipados, associados a estacionamentos, transformaram de modo evidente as relações espaciais e estéticas da cidade: construindo barreiras intransponíveis, obstaculizando ou impedindo relações visuais e percursos consolidados por uma longa tradição (...).*

Observa-se que também no campo da percepção espacial este tipo de efeito já foi apontado. Kevin Lynch em sua obra “*A imagem da cidade*” ao listar os tipos de elementos que constituem a imagem da cidade indica a existência de limites (*edges*) que seriam elementos lineares que configurariam quebras de continuidade, podendo ser “[...] *barreiras mais ou menos penetráveis que separam uma região de outra [...]*”, (LYNCH, 1997:52) podendo gerar a segregação espacial das cidades. Jane Jacobs por sua vez, utiliza-se do vocábulo “*fronteira*” para identificar estes locais com características de limite, sendo que “[...] *certas fronteiras impedem a interação de usos de ambos os lados. Linhas férreas ou vias expressas ou cursos d’água são exemplos comuns.*” (JACOBS, 2001:290) de modo que podem “[...] *reduzir a cidade a frangalhos.*” (JACOBS, 2001:293). Entende-se que uma rodovia duplicada com controle de acessos, que rompe as linhas transversais a ela, constitui um exemplo de limite (ou fronteira) com suas consequências conforme preconizado por Kevin Lynch e Jane Jacobs.

Na esteira da lição de Mouette (1998), constata-se que o efeito barreira ocasiona a restrição ou inibição ao livre movimento dos pedestres provocadas por dois empecilhos: obstáculos físicos ou tráfego de veículos. Com relação aos primeiros a população é obrigada a efetuar contornos ou desvios que são uma impedância ao movimento, provocando o aumento do deslocamento que pode causar a redução ou mesmo a supressão de viagens.

Observa-se que o efeito barreira possui relação direta e negativa com a circulação das pessoas e bens. Ao tratar da circulação, assinala Gadret (1969:18) que ela é “*a mais importante das funções urbanas, uma ‘superfunção’ da qual dependem todas as demais (...)* [e que sem ela] *a cidade não funciona, não trabalha, não se diverte; em uma palavra: não vive*”. Cabe anotar, que aqui, obviamente, não se está a afirmar que a função circulação se sobreponha às demais, como preconizado pela escola modernista, mas destacamos a sua importância, novamente com fundamento em Michael Batty (2013), que propõe uma nova forma de olhar a cidade, onde ela seja encarada como uma constelação de interações, relações, fluxos e redes, ao invés de um conjunto de locais, sendo os lugares, na verdade, uma síntese de interações. O exposto

evidencia a importância da circulação nas funções das cidades e a interferência causada pelo efeito barreira sobre a circulação.

Em suma, a existência de uma rodovia segregada em área urbana atua como uma barreira para as vias transversais ao seu eixo, de forma a gerar uma descontinuidade no tecido urbano adjacente a ela.

## **2.4 Resiliência Urbana**

O conceito de resiliência é amplo e ainda em construção, tendo aplicação nos mais diversos campos de estudo, tais como ecologia, engenharia, economia, teoria das redes, administração, psicologia, etc. O vocábulo resiliência vem do latim “*resilire*”, que significa “*voltar atrás*”, “*pular de volta*”, “*regressar ao ponto inicial*”. De forma pioneira, Holling (1973:4), em estudos no campo da ecologia, prescreve que a resiliência “*possibilita a avaliação da capacidade de um sistema de enfrentar e se recuperar de choques, seja utilizando a sua capacidade de absorção, reorganizando seus componentes ou se beneficiando das relações com outros sistemas visando chegar a um novo estado de equilíbrio*”. De modo semelhante, o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres – UNISDR (2009), conceitua resiliência como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade expostos a riscos, em resistir, absorver, acomodar e se recuperar dos efeitos de um perigo, de forma oportuna e eficiente, através da preservação e restauração das estruturas essenciais e das funções básicas.

Atualmente, há uma proliferação de definições para o termo resiliência, desde aquelas mais genéricas e simplificadas, como a preconizada por Kendra and Wachtendorf (2003) na qual resiliência é a capacidade de responder a eventos singulares ou únicos; até definições mais elaboradas como aquela de Horne and Orr (1998) para quem resiliência é uma qualidade fundamental de indivíduos, organizações e sistemas para responder de forma produtiva para mudanças significativas que perturbem um padrão esperado, sem acarretar em um período prolongado de comportamento regressivo.

Em que pese a diversidade de definições, observa-se que há alguns traços comuns entre elas, relacionando a resiliência com a capacidade de um sistema

lidar com alterações significativas e abruptas em sua estrutura, relacionando-se com outros conceitos, tais como risco, vulnerabilidade, adaptação e capacidade de regeneração. Atualmente o conceito de resiliência está bastante difundido em aplicações referentes a sistemas ambientais, sustentabilidade e questões climáticas, fazendo parte de estudos que tratam de calamidades e desastres, como, por exemplo, inundações e terremotos. Nesta linha, emerge a definição trazida por Campanella (2006:141), como sendo: “(...) *a aptidão das cidades de enfrentar eventos devastadores e reduzir minimamente os seus danos.*”.

Na área de planejamento urbano, eventualmente, resiliência se tornou um sinônimo quase intercambiável do termo sustentabilidade (ABSHIRINI e KOCH, 2017). Por vezes, o gerenciamento de desastres e o planejamento urbano possuem pontos em comum, de forma que seja propício a conceituação do termo resiliência a partir do conhecimento de ambos campos de estudo. Nesse sentido, Lhomme *et al.* (2011) definiu resiliência urbana como a capacidade de uma cidade funcionar em um modo degradado e recuperar suas funções, apesar de alguns componentes urbanos terem sido interrompidos. Segundo Wilbanks (2007) resiliência urbana é a capacidade das cidades de se preparar para responder e se recuperar de ameaças significativas de perigo, com danos mínimos para segurança pública, saúde, economia e segurança. Observa-se que seu significado indica tratar-se de um fenômeno não estático. Corroborar tal assertiva a lição de Esposito (2016) no sentido de que resiliência urbana é um processo dinâmico, cujos elementos principais são a resistência, a vulnerabilidade e a adaptação.

É oportuno, ao tratar de resiliência e planejamento urbano, reiterar o conceito apresentado por Cutini (2013:1), para quem resiliência urbana é a “(...) *capacidade de um sistema urbano, graças às características dos seus elementos espaciais, de suportar transformações abruptas, sem alterar significativamente suas relações mútuas (...)*”. Seguindo na mesma linha, diz Rigatti (2016:3): “(...) *sistemas urbanos resilientes são capazes de suportar transformações nas suas características morfológicas, sem modificar a estrutura subjacente, isto é, a cidade é capaz de funcionar e se adaptar às alterações.*”.

Na área de sistemas configuracionais urbanos, alguns trabalhos tentaram avaliar a resiliência urbana espacial mediante a utilização de medidas sintáticas<sup>12</sup>. Estes estudos assumiram que a malha urbana é alterada por um distúrbio que produzirá uma configuração espacial diferente. Independentemente do tipo de perturbação sofrida (terremoto, inundações, obras, etc.) a resiliência foi investigada a partir da comparação de dois cenários distintos: um na configuração original, e o segundo considerando a situação gerada pela perturbação (ESPOSITO e DI PINTO, 2015).

De forma genérica, Koch e Carranza (2013) sugerem que uma configuração espacial mais resiliente seria aquela em que o sistema estaria ordenado de modo que a interrupção de um caminho qualquer, produziria o menor impacto possível sobre a permeabilidade do sistema. Entretanto, estes autores advertem que uma configuração pode ser resiliente das mais variadas maneiras, e que, portanto, não há uma medida em particular que exprima a resiliência. Os mesmos autores afirmam também que a definição das medidas e variáveis a serem utilizadas dependeria das questões chaves: resiliência do quê e para quê? Cutini (2016), por sua vez, afirma que a resiliência é considerada, cada vez mais, como uma propriedade básica dos sistemas urbanos e fortemente ligada com às questões atinentes ao tráfego e vias.

Como visto, a resiliência é multifacetada e as perturbações experimentadas pelas estruturas das cidades geram reações complexas que variam de uma cidade para outra. Assim, para fazer o comparativo ou avaliar a resiliência de diferentes assentamentos faz-se necessária a utilização de parâmetros de desempenho (ABSHIRINI e KOCH, 2017).

Observa-se que a maioria de trabalhos que tratam de resiliência urbana, estão relacionados com a capacidade das cidades de suportarem transformações abruptas na sua estrutura, devidas a eventos naturais, tais como terremotos e enchentes.

---

<sup>12</sup> A relação entre análise configuracional, sintaxe espacial e resiliência será aprofundada no item 2.6.3 deste capítulo.

No que tange a transformações ocasionadas por obras, cita-se o trabalho do professor Décio Rigatti (2016) o qual abordou a resiliência da estrutura urbana de Porto Alegre em função das obras da Copa do Mundo de 2014.

Assim, e admitindo, em acordo à bibliografia consultada, o impacto abrupto causado pela implantação de duplicação em uma travessia, na estrutura urbana, o conceito de resiliência urbana está fortemente conectado com o objeto de estudo do presente trabalho, justificando a sua aplicação de forma empírica, conforme proposto.

## **2.5 Modelos, Sistemas e Sistemas Configuracionais Urbanos**

### *2.5.1 Introdução*

Considerando o objetivo do presente trabalho, é necessária a definição de alguns conceitos básicos referentes a modelos, sistemas e sistemas configuracionais urbanos.

### *2.5.2 Modelos*

Basicamente, modelos<sup>13</sup> são representações simplificadas e inteligíveis da realidade que permitem - de forma facilitada - a exploração e o exame de hipóteses sobre o mundo real. Zampieri (2012: 79) afirma que se pode pensar “*modelos como uma ferramenta de simulação que possui conhecimento agregado*”. Oportuno lembrar que um modelo não se confunde com o fenômeno estudado, sendo uma representação simplificada deste fenômeno.

#### 2.5.2.1 Modelos urbanos

Transpostos para a questão urbana, os modelos urbanos são representações simplificadas, relevantes e inteligíveis da realidade das cidades (Echenique, 1975). Neste viés, Batty (2007) afirma que modelos urbanos servem como espécies de mediadores entre os domínios da realidade e da teoria.

Diante do exposto, pode-se dizer que simulações computacionais que representam de forma simplificada a realidade são exemplos de utilização de

---

<sup>13</sup> Para Lyons modelos são compreendidos como representações de uma realidade objetiva e fornecem respostas adequadas quando a teoria correta é empregada e as informações suficientes são fornecidas. Lyons, M. (2005). Knowledge and the modelling of complex systems. **Futures**. Issue 7, v.37, p.711-719, 2005.

modelos. Para Batty (2009) a utilização de modelagem urbana apresenta-se como importante ferramenta que possibilita a compreensão de fenômenos urbanos, a partir de simulações computacionais que permitem a transposição de teorias urbanas para modelos matemáticos que propiciem a validação (ou não) de determinadas hipóteses. Echenique (1975) enfatiza a importância e os benefícios da utilização de modelos urbanos considerando que tal modelagem permite “visualizar” a maneira como alterações em algum dos elementos do sistema pode perturbar os demais.

### 2.5.3 Sistemas

Sistemas, por sua vez, referem-se a um conjunto de elementos ou partes interconectadas, com interdependência entre os componentes (Chadwick, 1973), cuja estrutura é definida pela forma de interação entre as partes (Echenique, 1975). Mello (1984:85) de forma generalista, define sistema como " [...] *um conjunto de partes que interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio*". Alexander (1965), por seu turno, entende sistema como um conjunto de elementos que possuem algum ponto em comum, ao se relacionar entre si de alguma forma. Crowther & Echenique (1975) concluem que a cidade pode ser considerada um sistema de elementos interconectados, cuja alteração em uma das partes repercute em toda a estrutura.

A partir destes conceitos, é possível inferir que a análise de sistemas explora a relação entre as partes e ainda, que as alterações em qualquer dos elementos do sistema comprometem os demais, o que vai ao encontro da problemática abordada neste estudo. Nesse sentido, Cristofolletti (1999) sustenta que uma das formas de tratar a complexidade das transformações geradas por grandes intervenções viárias é através da utilização de modelos urbanos. Recorre-se novamente aos ensinamentos de Rigatti (1997:216-217):

*A configuração de um assentamento é o conjunto das relações existentes entre cada espaço do sistema com os demais. Isto implica que cada espaço possui um papel no conjunto que é determinado por sua posição relativa neste assentamento. Cada vez que se reestruturam partes de um conjunto, modifica-se todo o sistema de relações no seu interior. Isto significa que, mesmo intervenções localizadas que alterem os espaços em pequena escala, tem*

*repercussões a nível global, por modificar a posição relativa dos espaços, tanto localmente quanto no conjunto.*

### 2.5.3.1 Sistemas complexos

Indo além, e considerando as particularidades das cidades, se faz oportuna a inserção do tema complexidade. Assim, vale-se da conceituação de Batty e Torrens (2005) para quem um sistema complexo é uma entidade, coerente e de alguma forma reconhecível, cujos elementos, interações e dinâmica geram estruturas e admitem novidades que não podem ser definidas *a priori*. Ugalde (2013:40) esclarece:

*São denominados complexos os sistemas que compreendem muitas partes as quais, ao interagirem, resultam em uma nova qualidade ou em um novo padrão de comportamento coletivo macroscópico através da auto-organização, ou seja, a formação espontânea de estruturas temporais, espaciais ou funcionais. O reconhecimento de que o comportamento coletivo de um sistema global não pode ser simplesmente inferido a partir do que se sabe dos componentes individuais, tem levado cientistas a novos conceitos e sofisticadas ferramentas de análise da complexidade.*

Para Portugali (2006) sistemas complexos são compostos por inúmeras partes relacionadas, que possuem a faculdade de constituir novas valências do desempenho do todo de acordo com a sua auto-organização. Nesta linha, Medeiros (2006, 85:) “[...] considera que existem características do todo que não são obtidas pela soma das partes” e explica que a “ênfase nas partes, analítica, de decomposição, é chamada de mecanicista, reducionista ou atomística. A ênfase no todo, por sua vez, é dita como holística, organísmica ou ecológica”.

Hillier (1996) ao demonstrar o caráter sistêmico das estruturas urbanas, explica que quando se altera um determinado elemento em uma configuração, é possível verificar a alteração nas propriedades configuracionais de outros elementos da estrutura, da mesma forma que alterações pontuais locais podem alterar as características globais da configuração.

#### 2.5.4 Sistemas configuracionais urbanos

Sucintamente, a morfologia urbana é o estudo da forma do meio urbano nas suas partes físicas, e da articulação destas partes entre si e com o conjunto de lugares que constituem o espaço urbano (Lamas, 2004). Para Zampieri (2013:36) o principal interesse da morfologia urbana está no estudo de “(...) *como a forma da cidade interfere na apropriação dos espaços pelas pessoas.*” Segundo Consiglieri (1999:25), “*enquanto a morfologia se refere ao estudo dos elementos isolados, para entendermos a complexidade e a expressão do discurso torna-se necessário estudar, por outro lado, as regras de coordenação e interligação desses elementos, o que constitui a sintaxe*” (grifo nosso).

Nestes estudos destacam-se duas linhas de pensamento: uma, de abordagem tipológica, cujo foco é o objeto em si; e outra, configuracional que se debruça nas relações, articulações e conexões do sistema espacial urbano. Esta segunda abordagem, refere-se aos sistemas configuracionais urbanos que “*são estudados através de modelos os quais, ao levar em conta propriedades específicas locais e globais de seus componentes, investigam relações entre eles. Dimensão (linear, superficial e volumétrica) são propriedades específicas do elemento ou objeto.*” (Ugalde, 2013:47).

Os sistemas configuracionais demonstram os atributos da tessitura urbana e analisam a estrutura espacial que aflora a partir das relações entre os espaços abertos que constituem o sistema espacial urbano. Segundo Penn *et al* (1998) os modelos configuracionais analisam, a partir de valores quantitativos, as propriedades do sistema viário e, por consequência, do próprio tecido urbano. Dentre os modelos que se filiam aos sistemas configuracionais urbanos está o modelo configuracional sintático (Hillier e Hanson, 1984).

Na obra “*The New Science of Cities*” Batty (2013) defende uma maneira para estudar as cidades cuja ideia central aduz que são as relações entre lugares e espaços - e não os seus atributos intrínsecos<sup>14</sup> – que definem o correto entendimento do lugar. Em outras palavras: para entender um lugar, deve-se

---

<sup>14</sup> Contraopondo-se, por exemplo, com a ideia de Patrick Geddes, para quem a cidade era simplesmente “um lugar no espaço.” | Trabalho originalmente publicado em 1905.

entender os fluxos que passam por ele. Para entender os fluxos é necessário ter o conhecimento das redes, que, por sua vez, sugerem relações entre as pessoas e os lugares. Na mesma linha, Barros (2014) alega que é fundamental estudar as relações dos elementos que constituem a cidade, pois são estas relações que auxiliam a explicar o fenômeno da forma urbana.

Diante do exposto, e tendo como ponto de partida o objetivo proposto, no presente trabalho serão utilizados estudos de morfologia urbana, através de modelagem computacional da dinâmica espacial urbana, dentro da linha de pesquisa de sistemas configuracionais urbanos (Hillier e Hanson<sup>15</sup>, 1984), partindo-se do pressuposto que a cidade é um sistema (Echenique<sup>16</sup>, 1975), complexo e auto-organizativo (Batty e Torrens<sup>17</sup>, 2001).

## ***2.6 Sintaxe Espacial***

A expressão “*Space Syntax*” foi utilizada como título de um artigo na publicação *Environment and Planning B: Planning and Design*, no ano de 1976, tendo como autores, Hillier, Leaman, Stansall e Bedford. Contudo, o desenvolvimento da Sintaxe Espacial como uma teoria de análise do espaço urbano surge com a clássica obra “*The Social Logic of Space*”, de 1984, de autoria de Bill Hillier e Julienne Hanson. Neste livro, aparecem os conceitos básicos seminais da Teoria da Sintaxe Espacial (SE)<sup>18</sup> que tem como linha mestra a relação existente entre os espaços e a dinâmica social. Neste sentido, segundo Holanda (2010), os espaços podem ser compreendidos como um sistema composto por barreiras e permeabilidade dos mais diversos tipos, enquanto a dinâmica social (sociedade) remete a um sistema de encontros e esquivanças interpessoais. Isso posto, é plausível concluir que a SE dialoga com as possibilidades de movimento humano ao longo do espaço construído.

---

<sup>15</sup> HILLIER, B; HANSON, J. **The Social Logic of Space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

<sup>16</sup> ECHENIQUE, M. **Modelos matemáticos de la estructura urbana**: aplicaciones en America Latina. Buenos Aires: SIAP, 1975.

<sup>17</sup> BATTY, Michael; TORRENS, Paul M. Modeling complexity: the limits to prediction. **Cybergeo: European Journal of Geography**, 2001.

<sup>18</sup> Neste trabalho, por conveniência é utilizada a sigla “SE” para se referir a Sintaxe Espacial.

Hillier (2005) aponta para um problema comum verificado nos diversos estudos da cidade: as abordagens restringem-se aos aspectos físicos ou aos aspectos sociais. Para o autor, há uma ausência de estudos urbanos que agreguem estes dois aspectos. É nesse contexto que surge a SE, com o objetivo de preencher esta lacuna, sendo o elo entre as feições físicas e sociais da cidade. Para Rigatti (1993) estudar a cidade só faz sentido se for abordada tanto a forma construída como o uso social dado a este suporte físico, considerando que os arranjos morfológicos definem uma maior ou menor facilidade de apropriação.

Para Holanda (2002) a SE é uma teoria no campo dos estudos urbanos que relaciona espaço e comportamento, entretanto, o autor adverte que tais dimensões são precisamente delimitadas. No mesmo sentido, Bafna (2003:17) aduz que a SE “[...] *investiga o relacionamento entre sociedades humanas e o espaço, a partir da perspectiva de uma teoria geral acerca da estrutura dos espaços habitados, em todas as diversas formas em que se apresenta: edificações, assentamentos, cidades e etc.*”. Conforme Kohlsdorf (1996: 21), “[...] *o espaço urbano e sociedade são duas faces da mesma moeda, ou seja, o espaço é um aspecto estrutural da cidade. Seu papel supera o conceito sociológico de suporte de atividade, pois não é um meio rígido neutro, mas capaz de oferecer possibilidades e restrições à realização de práticas*”. Zampieri (2012:26), por seu turno, afirma que “[...] *a relação em que as pessoas geram o espaço e o espaço condiciona as pessoas é estudada pela sintaxe espacial, uma abordagem científica que investiga as relações entre o layout espacial e fenômenos sociais.*”.

De acordo com Ribeiro *et al* (2012: 230) diversos estudos demonstram que a cidade influencia o comportamento da sociedade e a apropriação dos espaços pela população, “[...] *influencia na organização espacial da cidade, numa relação mútua e constante.*”. Sobre esta relação mútua entre configuração urbana e sociedade, Rigatti (1995:145) explica que se trata “[...] *de verificar as regras sociais impressas no espaço e as regras espaciais impressas na sociedade*”.

Em suma, a SE tem como objeto principal o estudo da relação entre as propriedades configuracionais dos sistemas urbanos e o funcionamento da cidade, a partir do comportamento humano. Esta característica demonstra a sua

validade e importância no campo dos estudos urbanos, constituindo o seu diferencial quando comparada com outras abordagens que estudam as cidades.

A SE parte da premissa que “*a configuração gera a atração*” (HILLIER *et al*, 1993). Assim, no cálculo das variáveis é considerada apenas a configuração dos espaços abertos, sendo desconsiderados outros fatores, como o uso do solo, relevo, pavimento e largura da via. Desta forma, resta claro que os resultados apontam para o potencial de movimento humano em determinada via que pode ou não se concretizar, pois existem outros fatores que influenciam no movimento das pessoas. Em algumas situações, podem existir polos de atração de pessoas (magnetos) que influenciam no movimento das pessoas, sobrepondo-se às questões de configuração da malha viária.

Não obstante isso, Hillier *et al* (1993), sustentam que a configuração da malha viária desempenha o principal papel na geração dos padrões de movimento (efeito primário). Este movimento produzido pela configuração urbana fará com que determinadas atividades procurem locais onde há grande movimentação de pessoas estabelecendo-se ali, atraindo ainda mais o movimento de pessoas (efeito secundário), ocasionando uma espécie de ciclo (fig. 12). Desta forma, a presença de atratores potencializa o movimento de pessoas gerados originalmente pela configuração urbana. Diante disso, os autores concluem que a configuração induz a localização de atratores e o fluxo de pedestres, enquanto a presença de determinados empreendimentos (atratores) influencia o movimento das pessoas, mas não a configuração espacial. Conclui-se, portanto, que a configuração espacial tem influência direta na mobilidade e circulação urbana. Estas constatações foram agrupadas na chamada teoria do movimento natural.

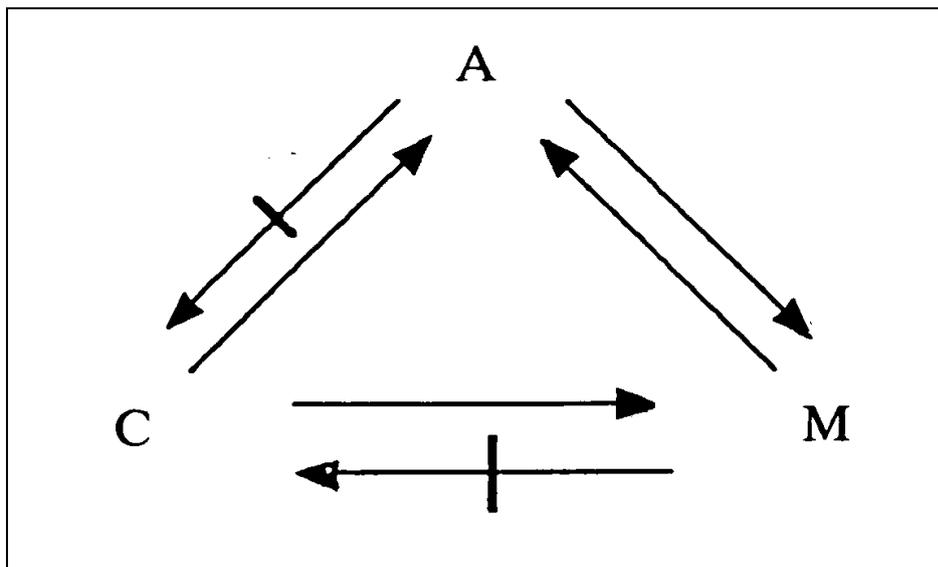


Figura 12 – Ciclo do movimento natural. A = atração, C = configuração, e M = movimento. Fonte: Hillier *et al* (1993)

Observa-se que a SE não indica o movimento medido do fluxo de pedestres, mas o potencial de movimento, ou seja, aquele que é vinculado à configuração da malha viária e consolidado por rotas ao longo do tempo, influenciado pela estrutura física permanente (UGALDE, 2013). Diversos estudos (Barros, 2006; Medeiros, 2006; Barros *et al.*, 2008; Medeiros e Holanda, 2008; Gil e Read, 2012; Vieira e Medeiros, 2012; Netto *et al.*, 2012; Zampieri, 2012; Wang *et al.*, 2013, Maciel, 2018) apontam para a associação entre a configuração urbana e o fluxo de pedestres nas vias, demonstrando altos índices de correlação entre os resultados provenientes das simulações efetuadas pela SE com os fluxos medidos *in loco*.

O ferramental da SE utiliza os princípios da topologia para representar a forma urbana e a aplicação da Teoria de Grafos para, matematicamente, extrair, por meio de modelagem computacional, as diversas medidas sintáticas. Grafos são, de acordo com Goldbarg e Goldbarg (2012), uma entidade matemática que se presta a representar simplificada um sistema, onde os nós ou vértices são caracterizados por pontos ou círculos e as relações entre esses elementos – denominadas arestas ou arcos - são retratadas por linhas ou traços. Para a representação da malha viária, os caminhos equivalem aos vértices do grafo e os entroncamentos são demonstrados pelas arestas.

A SE tem o predicado de explicitar conjuntos complexos e possui amparo nos pensamentos sistêmico e estruturalista, a partir da preocupação de que as teorias que se ocupam do espaço construído possuem um viés preponderantemente normativo e pouco analítico. O foco está nas relações topológicas entre os elementos do sistema construído em relação ao todo e à sua estrutura, conexas aos potenciais de apropriação social e movimento humano (BRAGA, 2013). Como assinala Hillier (2001), ao inserir um objeto dentro de um sistema espacial, a sua configuração será afetada por efeitos previsíveis e que independem da intenção humana. Entretanto, tais efeitos podem ser utilizados pelas pessoas para alcançarem propósitos espaciais e também sociais (BARROS, 2014).

Esta abordagem sistêmica da Teoria da Sintaxe Espacial pode ser ilustrada nos casos em que há subtração ou adição de eixos no sistema viário. Nessa circunstância, a medida de integração, que constitui a principal variável da Sintaxe Espacial e que será estudada no item 2.5.2.1, sofrerá variação nas outras vias que compõem o sistema, mesmo quando tais vias não sejam contíguas àquelas que se verificou a alteração. Ou seja, a SE não se ocupa somente com a posição e geometria dos elementos, mas sobretudo, com as relações inter partes.

Como visto anteriormente, os modelos são representações simplificadas da realidade. A SE se utiliza de modelos que facilitam a reprodução dos elementos espaciais, como por exemplo, o sistema viário existente e suas articulações, permitindo a mensuração e visualização das diversas variáveis configuracionais urbanas.

A utilização da Sintaxe Espacial neste trabalho, justifica-se na lição de Hillier *et al.* (1993), que afirmam que a configuração da rede viária urbana – que é o meio padrão espacial na cidade – é determinante nos fluxos de movimento e, por conseguinte na copresença que ocorre nos espaços e que tem enormes consequências tanto para a forma como para o funcionamento das cidades. Entende-se que o modelo é eficiente para auxiliar na identificação dos efeitos provenientes da duplicação de vias em espaços consolidados de cidades pequenas e médias.

### 2.6.1 Modos de representação

Os modos de representação concernentes à SE podem ser relacionados às três noções primitivas de geometria. Assim, a representação dos polígonos corresponde ao mapa de espaços convexos, os pontos são representados pelo mapa de visibilidade, e, por fim, a reta é caracterizada no mapa axial. Além disso, segundo Medeiros (2006), cada estratégia de representação relaciona-se com uma concepção de como o espaço é experimentado. Deste modo, as pessoas movimentam-se ao longo de linhas (representação linear – mapa axial), agrupam-se em espaços (mapa de espaços convexos) e controlam um campo visual a partir de qualquer ponto (isovistas – mapa de visibilidade). A seleção da estratégia adequada dependerá, portanto, dos objetivos do estudo.

#### 2.6.1.1 Mapa Axial

Na metodologia da Sintaxe Espacial a linha possui papel preponderante, tendo em conta que o espaço da cidade é formado fundamentalmente por uma rede espacial linear (HILLIER e STUTZ, 2005). A representação linear na Sintaxe Espacial corresponde ao mapa axial e relaciona-se ao movimento, conforme ilustrado no exemplo da figura 13.

A linha axial é uma reta, desenhada sobre a base cartográfica que representa o sistema viário a ser analisado. Ela deve ser a mais longa possível, passando uma vez, por todos os espaços convexos existentes, estando sempre interligada, pelo menos, à uma outra linha axial. Holanda (2002) explica que a linha axial retrata a maior dimensão em linha reta entre os espaços abertos. Em outras palavras, as linhas axiais representam as maiores linhas de movimento. Nas palavras de Carvalho e Batty (2001) as linhas axiais estão relacionadas com a capacidade dos indivíduos para efetuar a navegação urbana.

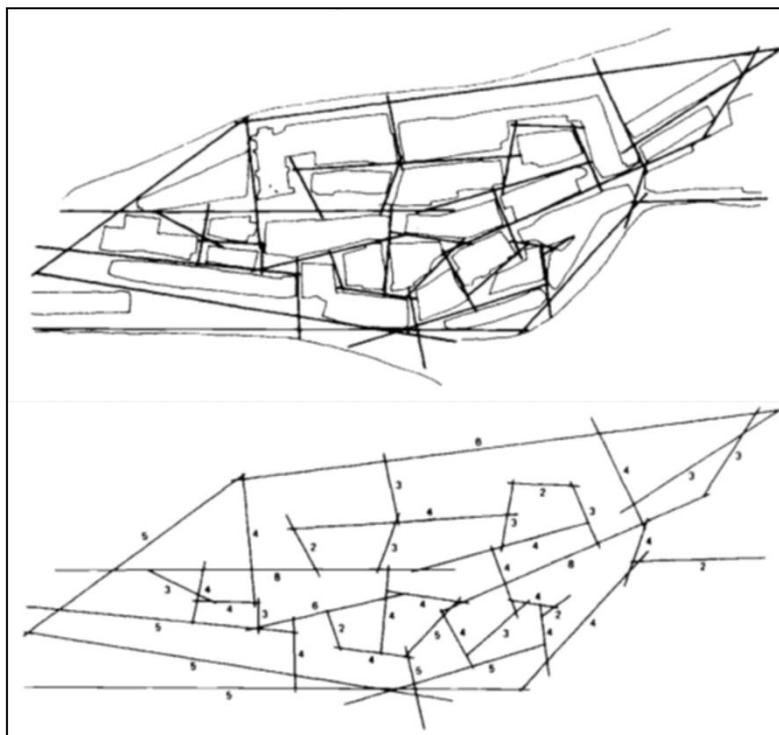


Figura 13 – Mapa axial. Fonte: Hillier e Hanson (1984)

Mapa axial é conceituado por Hillier e Hanson (1984:91-92) nos seguintes termos: “O mapa axial da estrutura do espaço aberto do assentamento será o menor conjunto de linhas retas que passem pelo interior de cada espaço convexo constituindo todas as ligações axiais”. Assim, pode-se reiterar que o mapa axial reflete uma simplificação do sistema viário, com as vias que o constituem sendo transformadas em elementos unidimensionais, como um conjunto de linhas interconectadas, do qual podem ser extraídas as relações tipológicas e por conseguinte as variáveis sintáticas. Ademais, o mapa axial apresenta “[...] as linhas que articulam os diversos lugares urbanos entre si em linha reta e que representam graficamente as possibilidades de relações espaciais possíveis a partir da cada morfologia física, também denominada de axialidade.” (RIGATTI, 1995:171). A representação por meio de um mapa axial reproduz “[...] um grafo na qual as intersecções de rotas são os nós e os segmentos de rotas são as arestas.” (HILLIER et al, 1993, p. 33). Assim considerando a teoria dos grafos, e sua natureza topológica, é possível afirmar que o menor caminho entre dois vértices do gráfico é aquele em que é percorrido o menor número de arestas.

O mapa axial possibilita que se identifique as categorias hierárquicas da malha viária de um assentamento, de forma a indicar a potencialidade de atração

dos fluxos em função das características configuracionais do sistema (DIAS, 2014). De acordo com Hilier (2002) este tipo de representação axial retrata a complexidade global mediante a simplificação do espaço local.

Por fim, cabe observar que o mapa axial, conforme já apresentado, relaciona-se com o movimento, de forma que a sua representação e as premissas de desenho devem considerar as particularidades do estudo a ser realizado, assim, por exemplo, caso o objetivo do trabalho seja explorar a potencialidade de movimento de pedestres, na execução do mapa deve ser considerado o desenho de linhas referentes às passarelas, calçadas e passagens exclusivas para pedestres. Caso contrário, se o objetivo é estudar o fluxo de veículos automotores, devem ser representadas apenas as vias que possibilitem o tráfego deste tipo de veículos.

#### 2.6.1.2 Mapa de segmentos

Uma das críticas às técnicas da SE reside no fato de que as linhas que formam o mapa axial possuem comprimentos altamente diferenciados. Desta forma, a verificação *in loco* do fluxo de veículos e de pedestres pode ter uma variabilidade considerável ao longo das vias (linhas axiais) de maior dimensão. Assim, no início deste século Turner (2001) propõe um aperfeiçoamento metodológico na forma de representação e análise da SE ao qual deu o nome de *Angular Segment Analysis* ou mapa de segmentos.

O mapa de segmentos é derivado do mapa axial tradicional, sendo as linhas deste último, convertidas em segmentos a partir dos cruzamentos (nós) com outras linhas. Desta maneira, o produto do modelo apresenta-se mais refinado, pois permite a verificação da potencialidade de movimento em trechos de uma mesma via, com a visualização dos resultados de forma individualizada por segmento, conforme mostra a figura 14.

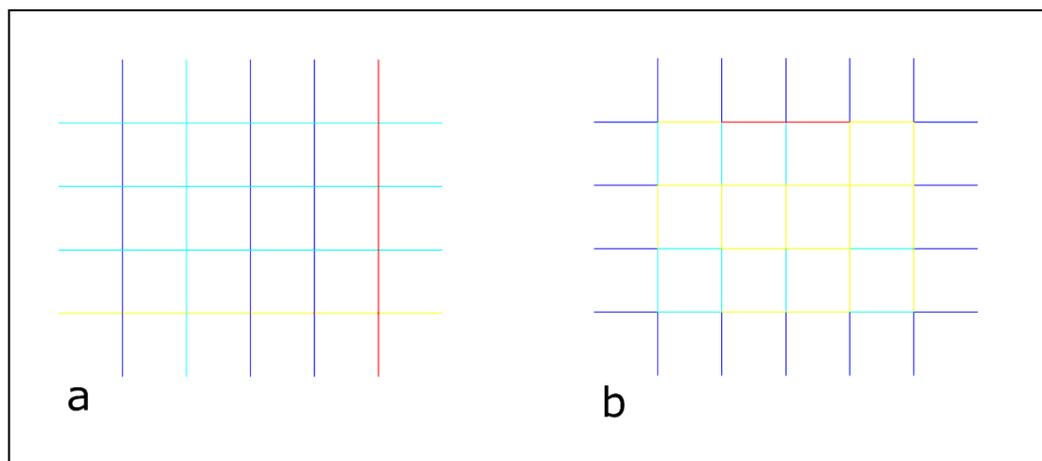


Figura 14 –Modos de representação. a) mapa axial; b) mapa segmentado. Fonte: o autor.

Neste tipo de análise, além da relação topológica estudada pelo mapa axial clássico, agrega-se também a questão angular (geométrica) entre as linhas axiais. Para Zampieri (2012:41) esta análise “[...] é uma ferramenta que permite ponderar as linhas axiais quanto à deflexão de cada rota. Esse processo segmenta as linhas axiais nos seus cruzamentos para permitir que sejam atribuídos pesos, dependendo do ângulo em que os segmentos estejam conectados”. Outro ponto que diferencia a análise de segmento angular, é que nesta ocorre o fracionamento da linha axial na intersecção com outros eixos, permitindo o exame em cada segmento das linhas axiais o que ganha relevância nas análises em escala local, como é o caso proposto no presente trabalho. Nesse sentido, Braga (2013:270-271) conclui que esta análise “[...] permitiu que as peculiaridades de usos e apropriação social nos trechos de uma linha axial fossem depreendidas de forma mais objetiva, numa escala reduzida permitindo a análise da dispersão de funções urbanas não a partir de potenciais de movimento, mas a partir da probabilidade de fluxos nos segmentos.”.

Também deve ser observado, a partir do trabalho de Hillier e Lida (2005), o alto índice de correlação verificado entre a análise do mapa segmentado e os fluxos de pedestres e veículos. Segundo Barros (2014:206-207) “[...] o mapa de segmentos apresenta maior compatibilidade com os dados de Transportes, entretanto, o mapa axial é de extrema relevância por se ater às características hierárquicas do sistema, tornando relevante o uso conjunto de ambas as estratégias de análise.” Na mesma linha, Dias (2014) argumenta que tanto o mapa axial quanto o mapa de segmentos derivam de um mesmo conceito, no

entanto para a utilização na área de transportes é mais pertinente o emprego do mapa de segmentos pois permite a investigação de desempenho nos diversos segmentos de vias.

### 2.6.2 Variáveis sintáticas

Na SE a configuração espacial tem seus atributos quantificados mediante a extração de medidas sintáticas – também chamadas de variáveis sintáticas<sup>19</sup> - a partir dos mapas elaborados. Nas palavras de Rigatti (1997:176) “[...] medidas sintáticas são, então, propriedades configuracionais transformadas em um padrão medido, possibilitando análise e comparações”. Assim, estas variáveis indicam as potencialidades e restrições fomentadas pela malha viária urbana (ZAMPIERI, 2013).

Estas variáveis possuem natureza quantitativa e exercem a função de mensurar as propriedades dos elementos que compõem o mapa. No caso das variáveis que têm por fundamento a representação linear, podem ser divididas em variáveis locais que consideram a relação da via com um número limitado de eixos, em função de sua proximidade e variáveis globais que ponderam as relações entre a totalidade dos eixos do sistema. São exemplos de variáveis globais e integração global e *choice*, enquanto que a conectividade representa exemplo de variável local.

As variáveis sintáticas podem ser classificadas, ainda, em de 1ª ordem e de 2ª ordem. Na primeira categoria estão contempladas aquelas medidas extraídas diretamente do mapa, como, por exemplo, a integração global, integração local, *choice* e conectividade. No segundo grupo estão aquelas derivadas das medidas de 1ª ordem. Nesta categoria têm-se como exemplo as medidas de sinergia (relação entre integração global e integração local) e inteligibilidade (relação entre conectividade e integração global).

A seguir passa-se a discorrer, acerca das variáveis utilizadas neste trabalho, tendo por base o mapa axial e de segmentos.

---

<sup>19</sup> Neste trabalho ambas as expressões são utilizadas como sinônimo.

### 2.6.2.1 Integração global

Para Hillier (2005) a medida de *Integração* apresenta o potencial de “*ir para*”, ou seja, a facilidade de ir de um ponto a outro, potencial de movimento de determinada linha. Pode-se afirmar que é a principal medida da Teoria da Sintaxe Espacial, e remete a centralidade de um sistema e a acessibilidade topológica dos eixos quando relacionados com todos os outros. De acordo com Medeiros (2006:334): “*Uma via de maior valor de integração é aquela, em termos de hierarquia, potencialmente mais acessível ou permeável. Significa ser mais fácil alcançá-la ou chegar até ela a partir de qualquer outro ponto da cidade. Para uma menos integrada, inverte-se a afirmação.*”.

A Integração subdivide-se em duas medidas: a) integração global  $R_n$ : que verifica o grau de assimetria no sistema espacial, e corresponde à média de integração de cada uma das linhas do sistema para todas as demais; e, b) integração local  $R_3$ : é identificada como a posição relativa de cada espaço com todos os demais, e está, limitada até uma profundidade topológica específica, que permite que se observe a estruturação mais local do sistema espacial (RIGATTI, 2002).

Para a correta compreensão da variável integração, faz-se necessária a apresentação dos conceitos de linha “*rasa*” e linha “*profunda*”. Linha rasa é aquela que possui menos profundidade em passos topológicos e tem por efeito “*puxar*” para si as demais, integrando o conjunto, enquanto que a linha profunda afasta de si as demais, ocasionando um espaço mais segregado com acessibilidade menos direta (fig. 15) (RIGATTI, 2002). Diante do exposto é forçoso concluir que linhas com profundidade menor são mais integradas a outros espaços e se verifica a probabilidade maior de movimento de pessoas. Por outro lado, linhas com maior profundidade (mais segregadas) tendem a ter um menor fluxo de pessoas em função da configuração espacial.

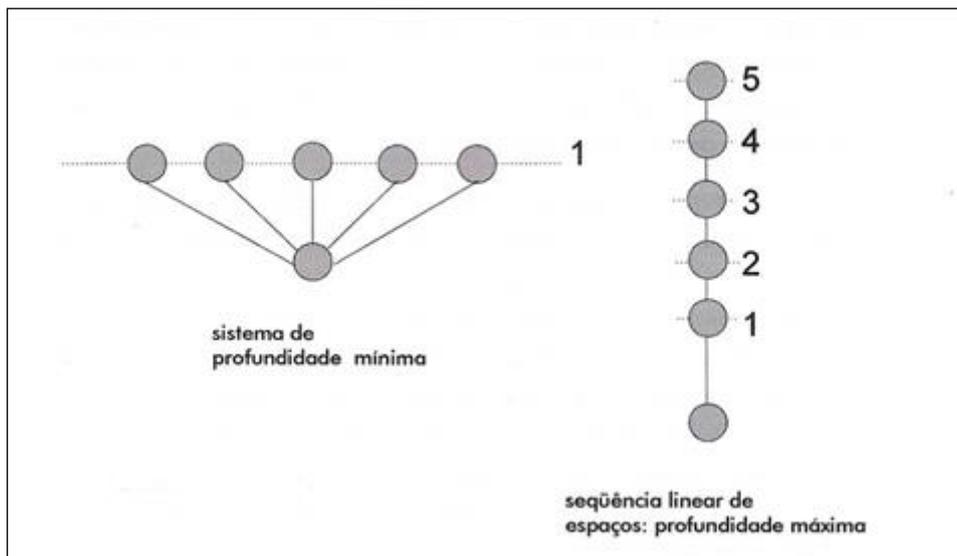


Figura 15 – Diferenciação da profundidade em sistemas. Fonte: Rigatti (2002).

A medida de integração está relacionada diretamente à noção de simetria/assimetria do sistema que relaciona dois espaços com, no mínimo, um terceiro. Uma descrição é simétrica quando a relação entre dois espaços for igual para ambos e também com um terceiro, neste caso, o sistema é mais raso e, por conseguinte mais integrado (fig. 16 a). Por outro lado, uma descrição é assimétrica quando para relacionar-se um espaço com o outro é necessária a intermediação de um terceiro espaço (fig. 16 b) (HILLIER e HANSON, 1984; RIGATTI, 2002). A consequência sociológica, segundo Hillier e Hanson (1984), é que para sistemas mais simétricos maior será a tendência de integração das categorias sociais, enquanto que em condições de maior assimetria será também maior a tendência à segregação de categorias sociais.

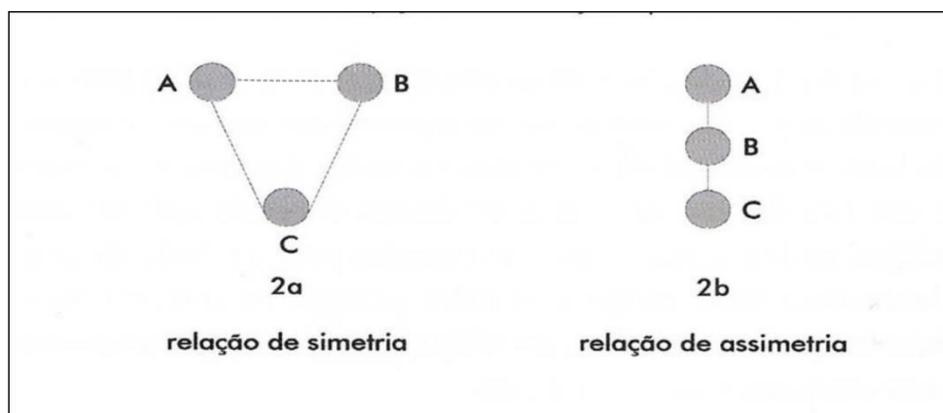


Figura 16 – Relações de simetria e assimetria em sistemas. Fonte: Rigatti, (2002).

A importância da variável integração reside no fato de que o movimento humano potencial em determinado eixo é fortemente influenciado pelo seu valor de integração, ou seja, pela forma que este eixo está situado no sistema urbano (HILLIER, 1996). Assim, os eixos mais integrados são aqueles em que há uma maior probabilidade de fluxos de pedestres e, portanto, atividades que necessitam de um maior movimento de pessoas tendem a se localizar ao longo destes eixos. Ao contrário, linhas com menor valor de integração e, por conseguinte mais segregadas, tendem a concentrar as atividades que não dependem do movimento de pessoas ou que preferem locais mais reservados, como por exemplo, o uso residencial (HILLIER, *et al*, 1993).

Conforme visto acima, eixos que possuem maiores valores de integração correspondem àqueles que são mais acessíveis no espaço urbano. O conjunto destes eixos mais integrados denomina-se *núcleo de integração* (MEDEIROS *et al*, 2011). Este núcleo pode ser definido, portanto, como a estrutura de espaços mais acessíveis no layout urbano, ou, nas palavras de Nogueira (2004), pode ser considerado o “coração” da cidade. Em que pese as diferenças geométricas e configuracionais de cada cidade, o núcleo de integração possui uma estrutura semelhante nos aglomerados denominada *roda deformada*, que corresponde a um miolo central com hastes que avançam em todas as direções. (MEDEIROS, 2006). Já para Rigatti (2000, p. 6) em assentamentos tradicionais a forma do núcleo de integração tende a se aproximar “[...] à forma de uma roda de bicicleta, com um centro, raios que partem deste núcleo central em várias direções e um anel periférico. Esta estrutura pode se apresentar mais ou menos deformada, ou mais ou menos completa.”

Conforme Dias (2014), com lastro em diversos autores, o núcleo de integração tende a equivaler ao local onde se encontra o centro ativo urbano, para onde convergem fluxos e usos diversos e, também, tende a ser o destino do maior número de viagens. Assim, o núcleo de integração, seja qual for o sistema, é uma região privilegiada em termos de acessibilidade no tocante à cidade como um todo (SILVA, *et al*, 2003). Para Peponis *et al* (1989):

A centralidade cria uma destinação coletiva, um ponto de convergência onde o núcleo de integração é onde as pessoas podem encontrar outras pessoas, mercadorias, serviços e informação. (PEPONIS *et al*, 1989:54.)

Com relação ao dimensionamento do núcleo de integração não há um consenso entre os autores e costuma estar relacionado com a quantidade de eixos do sistema. Holanda (2002) afirma que usualmente é utilizado o percentual 10% dos eixos mais integrados para conformar o núcleo de integração, entretanto, em sistemas menores, com menos de 100 eixos alguns pesquisadores utilizam como núcleo de integração até 25% dos eixos mais integrados. Hillier (2001), por sua vez, não utiliza o número de eixos como critério de determinação do núcleo de integração, opta pela utilização do padrão de cores, sendo o conjunto de eixos das cores mais quentes (vermelho, laranja, amarelo) o núcleo de integração. Observa-se que a definição de um núcleo de integração é dependente, também, do grau de deformação da grelha, exemplificando: em um sistema xadrez teórico, toda trama tem o mesmo valor de integração.

Observa-se que os valores referentes à medida de integração são normalizados (HILLIER, 1996), o que torna possível a comparação entre sistemas distintos, com tamanho e número de linhas diferentes. Desta forma, ao comparar diretamente o valor médio da integração de duas cidades diversas, por exemplo, é possível inferir qual delas possui maior integração, e por consequência possibilita conjecturar acerca das tipologias da rede viária que proporcionam maiores valores para essa medida sintática.

#### 2.6.2.2 Integração local

A integração local assemelha-se a integração global, entretanto a diferença consiste nos raios topológicos considerados no cálculo da variável. Enquanto a integração global pondera a relação de todos os eixos do sistema entre si, a integração local cria uma restrição ao espaço analisado, mas a relação entre todos os eixos permanece, com número limitado de passos topológicos (mudanças de sentido). Para Zampieri (2006:70) “[...] a integração local cria uma espécie de limite no espaço analisado, fazendo com que as linhas possam ser

*avaliadas em um nível local, mas, demonstrando o quanto cada parte do assentamento contribui para a dinâmica da vizinhança.*”. Esta variável é utilizada para estudar a dinâmica urbana local e está associada aos deslocamentos de curta extensão.

O raio de integração local usualmente utilizado é o R3, ou seja, calcula a integração dos eixos considerando o percurso de 3 passos topológicos. Conforme Vargas (2003), a utilização deste raio em muitos trabalhos se justifica por demonstrar a condição de integração local em uma escala de bairro. Entretanto, este valor de raio não é consenso entre os utilizadores da SE, tendendo a ser maior em sistemas que possuem uma alta profundidade média. Cumpre reiterar que se trata de raio topológico (número de conversões) e não de uma distância geométrica.

### 2.6.2.3 *Choice*

A medida de *choice*<sup>20</sup> identifica os segmentos com maior possibilidade de utilização para deslocamento partindo, ou chegando, em todos os pontos do sistema. Enquanto que a integração aponta para um potencial movimento de destino, a *choice* indica um potencial de movimento de passagem, e ambas são úteis para aclarar a influência da configuração espacial no potencial de movimento (Hillier e Iida 2005). Rigatti (2016) formula a definição de *choice* nos seguintes termos: “[...] representa a probabilidade de um e todos os espaços serem escolhidos como caminhos de movimento em um sistema”.

Para Turner (2000), esta medida consiste em que: “[...] para todos os pares de possíveis origens e destinos são desenhados os caminhos mínimos, ou rotas mínimas”. Assim a cada vez que um caminho origem-destino passa por um nó da grelha, o valor da *choice* é incrementado em uma unidade. Nas palavras de Ugalde (2013: 64) “No processamento da medida de escolha angular (*choice*), é como se cada segmento axial representasse uma unidade de potencial movimento que se desloca para todos os demais segmentos no mesmo instante gravando seus percursos sobre a configuração global. As relações topológicas e geométricas entre eles determinam uma sobreposição desses percursos” o que

<sup>20</sup> Embora alguns autores nacionais utilizam a nomenclatura de “escolha” para esta variável, opta-se por empregar o termo original “*choice*” não por reverência a estrangeirismos, mas por entender que se trata de denominação que já está disseminada na comunidade sintática.

vai dar origem a um “ranking” dos valores de perpasso. Prossegue o autor, concluindo que “[...] enquanto a integração revela a tendência de concentração de destinos de viagens provenientes de diferentes origens, dispersas na malha como um todo, a medida de escolha registra a sobreposição de rotas com origens e destinos em cada linha axial [...]” (UGALDE, 2013:194).

Como assinala Braga (2013) a *choice* distingue os nós (eixos) com maior potencial de uso em deslocamentos de e para todos os locais do sistema e auxilia para identificar a formação de centralidades. Diante de todo o exposto, é possível concluir que os eixos com maiores valores desta variável, referem-se às vias mais utilizadas no deslocamento entre todos os pares de segmento no interior do sistema, utilizando-se do menor trajeto em passos topológicos. Estudos têm demonstrado que esta variável, ao apresentar rotas prováveis de deslocamento, evidencia a hierarquia do sistema viário (MEDEIROS e BARROS, 2014). Daí que tal variável é de vital importância em estudos que versam sobre transporte utilizando-se do ferramental teórico e procedimental da Sintaxe Espacial.

A medida *choice* quando apurada no mapa segmentado tende a demonstrar aspectos da hierarquia do sistema viário. Oportuno lembrar que esta medida considera os menores caminhos possíveis entre todos os pares origens-destino do sistema, portanto, apresenta valores bastante distintos em função do tamanho do sistema (número de linhas). Assim, para comparar a *choice* de cidades de diferentes tamanhos é necessário utilizar esta medida normalizada. O software *Depthmap* já fornece automaticamente a opção da *choice* normalizada obtida dos mapas axiais. Entretanto, para os mapas segmentados não há esta possibilidade. Assim, Hillier *et al.*, (2012) apresenta um método para normalizar a *choice* neste tipo de mapa. Basicamente o método pode ser simplificado pela seguinte fórmula:

$$\text{Choice normalizada} = \log (\text{choice}+1) / \log (\text{total depth}+3)$$

Esta fórmula pode ser utilizada no *Depthmap* de forma a obter os respectivos mapas e resultados da variável normalizada proveniente de mapas segmentados e, conforme exposto, importante para comparar sistemas com diferentes números de linhas.

#### 2.6.2.4 Conectividade

Conforme Hillier *et al* (1987) o conceito de *Conectividade* reflete uma propriedade local e remete à quantidade de linhas conectadas de forma direta a um eixo qualquer. No caso de ruas, corresponde ao número de interseções que essa rua tem com as outras vias do sistema urbano. Trata-se de uma variável de primeira ordem e é a variável sintática mais simples de se observar.

A conectividade correlaciona-se com o comprimento dos eixos, sobretudo em malhas consolidadas, considerando que as maiores linhas são, na maioria dos casos, aquelas mais conectadas (HILLIER, 2002). De acordo com Saboya (2007), linhas axiais com altos valores de conectividade tendem a ter importância no sistema urbano, pois possuem um maior potencial de acesso a outras linhas.

Com a conectividade de cada linha da malha é possível calcular o valor médio da conectividade de todo o sistema. Para Peponis *et al*, (1989) esta propriedade relaciona-se com a questão da fragmentação da malha: a baixa conectividade é, por vezes, reflexo da fragmentação da grelha. Conforme Nystuen (1963) esta propriedade também se relaciona com as possibilidades de deslocamento dentro do sistema. A conectividade média é conveniente para apurar as distintas possibilidades de caminhos. Um valor de conectividade média alto indica que o sistema possui uma malha tendente a regular com maior densidade de cruzamentos em “X” o que favorece a existência de caminhos alternativos. De outro lado, assentamentos que possuem um valor de conectividade média baixo, tendem a ter um predomínio de cruzamentos em “T” o que indica uma menor variedade na opção de caminhos disponíveis. Sobre a conectividade média, escreve Cutini (2013:5):

*[...] conectividade é um índice local, [...] mesmo assim, o valor da conectividade média, calculado com referência a todas as linhas, pode ser assumido como uma característica global de todo o sistema, de modo a reproduzir a densidade e a variedade de caminhos que ligam cada linha a todos os demais do mapa axial.*

#### 2.6.2.5 Sinergia

Sinergia indica a correlação existente entre propriedades globais e propriedades locais do sistema, a partir dos valores das variáveis de integração global e integração local. Para Rigatti (2016:4) “[é] a correlação entre a integração global e local de um sistema. Se as transformações urbanas levam a um enfraquecimento da sinergia, significa que a organização global do sistema passa a ser separada da organização local, e, portanto, baixa correlação indica um espaço mais vulnerável”. Trata-se de uma variável de segunda ordem, pois seu resultado se dá a partir da correlação entre duas variáveis de primeira ordem.

Esta medida varia entre 0 e 1 por se tratar de uma correlação entre variáveis. A sinergia é trabalhada mediante a utilização do índice “R<sup>2</sup>”, ou coeficiente de determinação que correlaciona os valores referentes a medida da integração global com os valores da integração local para o conjunto de eixos do sistema. Quanto mais próxima de 1 maior a sinergia do sistema, significa dizer que as propriedades globais e locais do sistema interagem fortemente e de forma positiva. Contudo, quando a medida se aproxima do 0, menor a sinergia do sistema e há um afastamento entre as propriedades globais e locais do sistema. Em outras palavras, quando se tem altos valores de integração global relacionando-se a altos valores de integração local, verifica-se uma alta sinergia no sistema, o que indica que há uma vinculação entre os padrões de movimento da escala global e local. Para Braga (2013:291), a sinergia demonstra a coerência entre as escalas de apreensão do espaço e quanto maior o valor da sinergia, “[...] menos hierárquico é o sistema como um todo”. Por fim, Medeiros (2006) observa, ainda, que quanto maior um sistema, maior a tendência de haver falta de sincronia entre as propriedades globais e locais (baixos valores de sinergia), o que pode gerar locais com aspectos labirínticos.

#### 2.6.2.6 Inteligibilidade

Inteligibilidade é a variável sintática, produto da correlação entre a conectividade e a integração global do conjunto de linhas do assentamento. É útil para avaliar o nível de compreensão de um sistema espacial como um todo a partir de suas partes. Possui relação com aspectos de cognição espacial, e

demonstra o quanto um determinado sistema é facilmente navegável. Considera-se uma variável de segunda ordem, tendo em conta ser produto da correlação entre duas variáveis de primeira ordem.

Conforme Read (1999) esta medida tende a se tornar mais fraca quando a média da conectividade for baixa. Assim, o autor conclui que para sistemas que possuem linhas mais longas – e, por conseguinte tendem a ter uma média de conectividade maior – e que cruzam todo o sistema, é provável que o valor da inteligibilidade seja maior. Medeiros (2006), em estudo sobre as cidades brasileiras, constatou que quanto maior o sistema, menor a inteligibilidade, e arremata afirmando que a inteligibilidade parece possuir uma dependência direta com o tamanho do sistema.

A inteligibilidade também é dada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que correlaciona a conectividade com a medida da integração global com os valores da integração local para todas as linhas do sistema.

### *2.6.3 Sintaxe espacial e resiliência urbana*

Considerando as particularidades da pesquisa proposta, faz-se necessário discorrer sobre a utilização dos métodos e procedimentos da Teoria da Sintaxe Espacial para a avaliação do nível de resiliência urbana. Observa-se que não é grande a variedade de trabalhos com esta abordagem. Como exemplos, cita-se o trabalho desenvolvido por Cutini (2013) no qual propôs um método para avaliar os níveis de resiliência urbana e utilizou como estudo de caso a cidade de L'Aquila na Itália que sofreu forte terremoto em 2009 que devastou grande parte do assentamento. O autor fez um comparativo a partir de três momentos distintos: i) situação existente antes do desastre; ii) situação resultante do terremoto; e iii) situação projetada para a sua reconstrução. Carpenter (2012, 2013) estudou as consequências do furacão Katrina ocorrido em 2009 no sul dos Estados Unidos. Koch e Carranza (2013) trabalharam o fenômeno da resiliência em algumas edificações. Esposito e De Pinto (2015) examinaram o risco de inundações na cidade de Turim mediante a utilização de medidas sintáticas para mensurar a resiliência do sistema. Cutini e Di Pinto (2015) investigaram os efeitos de eventual erupção do Vesúvio na configuração da área urbana nas encostas do vulcão.

Rigatti (2016) abordou o tema, estudando as alterações sofridas no tecido urbano de Porto Alegre em função das obras viárias da Copa do Mundo de 2014. Cutini (2017) voltou a tratar do assunto ao avaliar as alterações dos níveis de resiliência urbana em Florença ao longo do tempo e em função das mudanças na configuração urbana. Reitera-se o disposto no item 2.3 deste capítulo, onde se define a resiliência urbana como a capacidade de um sistema urbano em absorver e adaptar-se a uma transformação abrupta.

Para esta pesquisa apropria-se do método desenvolvido, originalmente, por Cutini (2013). O método utiliza-se de variáveis sintáticas e foi testado para analisar tanto estruturas espaciais hipotéticas (formas labirínticas contrapondo-se com formas em 'estrela') como estruturas urbanas reais. Utiliza-se o mapa axial com as seguintes medidas sintáticas:

- a. Valor da conectividade média;
- b. Sinergia;
- c. Índice de frequência ( $v$ );

As duas primeiras medidas (valor da conectividade média e sinergia) já foram devidamente ilustradas, respectivamente, nos itens 2.6.2.4 e 2.6.2.5 deste trabalho.

Conforme proposto pelo autor, o valor da conectividade média representa a densidade e variedade de caminhos que conectam cada linha a todas as outras do sistema. Um alto valor desta variável indica uma alta densidade de caminhos alternativos, e, por conseguinte, em caso de interrupção de uma via, o próprio sistema, sem grandes esforços, se reorganizará após a mudança. Assim, quanto maior o valor da conectividade média mais resiliente será o sistema urbano. Sobre a conectividade média e sua relação com resiliência urbana, escreve Cutini (2013:5):

*Se uma linha (caminho) é interrompida, um alto valor de conectividade média garante uma presença densa de caminhos alternativos. (...) o valor de conectividade média é aqui proposto como um índice básico de resiliência urbana: pode variar de 2 a  $n$ , reproduzindo, assim, a capacidade do sistema urbano de resistir e absorver uma transformação material na estrutura sem modificar significativamente seu estado relacional.*

No que se refere à sinergia, que relaciona a integração global e a integração local - cujos valores estão compreendidos no intervalo entre 0 e 1 - a conclusão é semelhante, haja vista que quanto maior o valor encontrado, mais resiliente será o sistema urbano. Para Cutini (2013) o conceito de resiliência urbana depende da capacidade do sistema como um todo absorver eventuais perturbações locais.

Já o índice de frequência (índice “v”), relaciona o maior valor de *choice* do sistema e o número máximo de caminhos mais curtos para os quais uma linha pode pertencer, conforme equação:

$$v = \text{choice}_{\max}/k$$

Sendo k dado pela seguinte equação:

$k = n^2/2 - 3/2 n + 1$ , onde n é o número de linhas axiais existentes no sistema.

Observa-se que os valores referentes ao índice de frequência estão compreendidos no intervalo entre 0 e 1. Assim, conclui-se que para ter  $v=1$ , determinada linha deveria estar presente em todos os caminhos mais curtos que conectem pares do sistema. Dessa forma, as estruturas urbanas com valores mais próximos do 0 são consideradas mais resilientes quando cotejadas com àquelas que possuem valores mais próximos de 1, que seriam menos resilientes, já que dependentes de um menor número de caminhos.

Por fim, oportuno observar que Esposito e Di Pinto (2015) ao utilizar o método proposto para avaliar a resiliência urbana em assentamentos propensos a inundações concluíram que, embora todos os aspectos demonstrassem a validade para a utilização das medidas sintáticas propostas, o seu emprego para avaliar eventos de inundação não suscitou uma verificação congruente da resiliência urbana, em função da discrepância de algumas das medidas examinadas.

## **CAPÍTULO 3 –Materiais e Métodos.**

Este capítulo está disposto de forma a apresentar os procedimentos metodológicos e materiais utilizados nesta pesquisa. A finalidade é descrever as etapas seguidas e delinear as estratégias adotadas para responder ao problema da pesquisa e explorar a hipótese de investigação proposta.

O método utilizado é o da análise espacial segundo o enfoque configuracional, tendo por fundamento o conjunto de técnicas e modelos computacionais que compõem a Teoria da Sintaxe Espacial - expostos detalhadamente no Capítulo 2 – Referencial Teórico - com o qual se pode avaliar e comparar as diferenças na estrutura urbana proveniente da implantação da duplicação de travessias urbanas. Observa-se que tal Teoria proporciona a articulação entre dimensões qualitativas e quantitativas, indo ao encontro dos objetivos propostos neste estudo.

O capítulo está dividido em três partes. Na primeira é realizada a delimitação do objeto empírico do estudo, com a exposição dos critérios utilizados na seleção da amostra das cidades. Em um segundo momento é descrito o conjunto de procedimentos utilizados para a consecução do objetivo da pesquisa e, por fim, é apresentado o ferramental da Teoria da Sintaxe Espacial utilizado neste trabalho com a eleição dos meios de representação e das variáveis sintáticas selecionadas.

### ***3.1 Seleção da amostra de travessias urbanas – cidades.***

Esta pesquisa tem por objetivo analisar os efeitos da implantação de duplicação de travessias urbanas na configuração espacial das cidades. Para isso, no desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se de estudo de caso, constituído por quatro travessias urbanas situadas em municípios diferentes, a saber: Itaquiraí/MS, Congonhas/MG, Fazenda Rio Grande/PR e o distrito de Anhanduí pertencente ao município de Campo Grande/MS. O critério utilizado para a escolha dos exemplares foi a existência de travessias urbanas que estão em processo de duplicação, isto é, com projetos aprovados ou com obras em

andamento<sup>21</sup>. Além disso, a seleção destas cidades buscou a diversificação de exemplares, que apresentassem particularidades distintas, sobretudo no que se refere à extensão da travessia, à tipologia do tecido urbano e à dimensão da área urbana. Este quesito teve a intenção de aferir de que modo a duplicação da travessia afeta a configuração espacial em exemplares com características distintas.



Figura 17 – Localização das travessias urbanas. Fonte: o autor.

A justificativa para a delimitação de travessias urbanas existentes em cidades de pequeno e médio porte se dá em função de circunstância de ordem prática. Atualmente, não há nenhum projeto em andamento de duplicação de travessia urbana em cidades de grande porte, o que pode ser explicado em

---

<sup>21</sup> Dos quatro exemplares estudados, apenas Fazenda Rio Grande/PR está com as obras de duplicação em andamento, em fase adiantada.

consequência do grande número de interferências, pela concentração e aglomeração populacional ao longo da via e do alto volume de tráfego local. Tais situações requerem solução diversa da duplicação de travessias urbanas e remetem para a execução de anéis ou contornos rodoviários.

### **3.2 Procedimentos**

O trabalho adota, como hipótese, que a duplicação de uma travessia urbana da forma como é comumente realizada majora os efeitos negativos derivados do “efeito barreira”. Isto ocorre, sobretudo, naqueles referentes à descontinuidade e fragmentação na configuração espacial urbana, e que é possível verificar a diferenciação dos níveis de resiliência urbana em função da estrutura e da dimensão da malha urbana.

Diante disso, os procedimentos utilizados no trabalho destinam-se a mensuração de medidas sintáticas que possibilitem a aferição e cotejo das condições originais da estrutura urbana e das condições resultantes da execução do projeto de duplicação.

Resumidamente, o conjunto de procedimentos empregado nesta dissertação é composto pelas seguintes fases:

- a) Obtenção de dados: Etapa inicial, onde ocorre a obtenção dos mapas ou plantas das cidades e dos projetos da duplicação rodoviária de travessias urbanas;
- b) Tratamento dos dados: Elaboração e adequação dos mapas axiais e segmentados que servirão de base para as simulações computacionais;
- c) Processamentos: Consiste no processo de cálculos dos modelos por meio de software específico e escolha das variáveis a serem utilizadas;  
e
- d) Análises: Etapa final, onde são avaliados os resultados das medidas sintáticas, cotejando-as com o sistema urbano e conceitos e variáveis obtidos no referencial teórico.

### 3.2.1 Obtenção dos dados

O primeiro passo metodológico deste trabalho consistiu em buscar o material necessário que serviu de base para a elaboração dos mapas a serem utilizados e referentes aos municípios estudados. O recorte espacial, em cada estudo de caso, corresponde a totalidade da extensão da área circunscrita no perímetro urbano do município estudado.

Os dados relativos à estrutura urbana e à base de logradouros da malha viária foram obtidos nos mapas cadastrais das cidades, ortofotos, e/ou então por meio de imagens de satélite como, por exemplo, as disponibilizadas pelo aplicativo *GoogleEarth*. Eventualmente, em alguns casos, e a partir de visitas aos locais, verificou-se que os mapas cadastrais existentes não estavam atualizados, assim, se fez uma averiguação da correspondência deste material *in loco*, ou então, junto a fotografias de satélite atuais e nos casos em que ficasse demonstrada a incongruência dos mapas cadastrais com o sistema viário existente, foram realizados os devidos ajustes nos mapas de forma a torná-los o mais possível próximo da realidade.

Nesta fase buscaram-se, também, os projetos de engenharia da obra de duplicação, junto aos órgãos executivos rodoviários ou às empresas responsáveis pela execução da obra.

### 3.2.2 Tratamento dos dados

Nesta etapa, a base cartográfica (plantas, ortofotos ou imagens de satélite) foi inserida em software de desenho vetorial CAD (*Computer Aided Design* como o AutoCAD), para elaboração do mapa sintático, convertendo a rede viária em eixos conectados, de modo a desenhar a totalidade da malha viária do sistema. Este procedimento foi realizado tanto para a situação em pista simples, como para aquela projetada com a duplicação.

As premissas utilizadas na confecção dos mapas foram as seguintes:

- a) a extensão da travessia urbana adotada corresponde à porção localizada dentro do perímetro urbano dos municípios;

- b) o sistema viário considerado na confecção dos mapas sintáticos refere-se à totalidade de vias circunscritas ao perímetro urbano delimitado nas leis municipais pertinentes e que possuem livre acesso a pedestres e ciclistas;
- c) as vias particulares urbanas ou rurais - como por exemplo, de condomínios fechados – que possuem restrição ao livre trânsito de pedestres e ciclistas não foram consideradas;
- d) todos os eixos são representados por segmentos de retas, mesmo para as vias curvas;
- e) considerando que o presente trabalho está focado nos modos de deslocamento não motorizado, foi considerado todo o sistema de espaços abertos, incluindo elementos como passarelas e passagem para pedestres. Além disso, pelo mesmo motivo, foram consideradas todas as permeabilidades do espaço público urbano. Assim, por exemplo, para a transposição da rodovia, não foram considerados apenas os locais com faixa de segurança, mas todos os pontos onde não há uma barreira física que impeça o movimento das pessoas;
- f) nas vias que possuem obstáculos físicos centrais, como por exemplo, os elementos da rodovia que impossibilitam movimento transversal de pedestres e ciclistas de um lado para outro, especialmente barreiras de concreto e defensas metálicas, os eixos transversais a via foram interrompidos e as vias longitudinais foram individualizadas com o desenho de linhas duplas;
- g) no cruzamento de vias (passarelas, viadutos, etc) que não se conectam na realidade mas que estão sobrepostas, quando do desenho do mapa axial foi utilizada a função *unlink* a qual permite selecionar dois segmentos com cruzamentos aparentes mas que não se conectam e o software, no cálculo, considerará que não estão conectados de forma a exprimir a situação mais próxima da realidade;

### 3.2.3 Cálculos

O próximo passo metodológico, após a representação linear do mapa, consiste no processo de cálculos dos modelos por meio de software específico. Tais procedimentos são idênticos tanto para a obtenção das medidas na situação original, quanto na situação projetada.

Inicialmente foram importados os respectivos arquivos de desenho para software específico de Sintaxe Espacial. Neste caso utiliza-se o DepthmapX, software livre, multiplataforma, criado por Turner no início da década de 2000 e que, atualmente, é desenvolvido por Varoudis. Tal escolha justifica-se em função de que este programa fornece praticamente todas as variáveis utilizadas na presente pesquisa de forma direta<sup>22</sup>. Ao realizar esta importação cada elemento recebe um número de identificação. Em seguida são convertidos em mapas axiais reconhecíveis pelo software. Após, são executadas operações que realizam a análise gráfica espacial, e são geradas as variáveis sintáticas correspondentes, obtidas por meio de algoritmos matemáticos do programa.

Conforme já externado, a proposta da pesquisa prevê, além da utilização do mapa axial, o emprego do mapa de segmentos. Assim, converte-se o mapa axial para mapa segmentado e são executados os comandos que irão gerar as medidas sintáticas angulares em função de parâmetros previamente definidos. Lembra-se que, conforme explanado no Capítulo 2 – Referencial Teórico, para comparar a medida de *choice* para sistemas com tamanhos diferentes é necessária a ponderação desta medida em função do número de linhas que formam o sistema. O *Depthmap* não concebe diretamente esta ponderação para a *choice* obtida no mapa segmentado. Entretanto, o software possibilita a inclusão de novas medidas. Assim, a partir de uma série de comandos específicos foi inserida a fórmula correspondente:  $Choice\ normalizada = \log (choice+1) / \log (total\ depth+3)$ , sendo que as medidas de *choice* e *total depth* são fornecidas diretamente pelo programa.

Quando da conversão de um mapa axial para um mapa de segmentos, com o intuito de evitar que prolongamentos de eixos que foram desenhados de

---

<sup>22</sup> A única medida que o software não fornece de forma direta é a *choice* normalizada para o mapa segmentado.

forma proposital fossem considerados como um segmento, utilizou-se a função “*remove axial stubs*”, para que os segmentos menores de 15% de cada linha fossem desconsiderados. Observa-se que o DepthmapX utiliza como valor padrão para essa remoção o percentual de 40%, entretanto, Turner (2004) adverte que para a definição correta de tal percentual devem ser realizados testes para aferição. Assim, a partir de avaliações realizadas verificou-se que nos mapas utilizados, o percentual de 40% de eliminação dos *stubs* acabava por suprimir equivocadamente alguns segmentos de reta que, na realidade, eram trechos do segmento viário. Desta forma, após a realização de alguns testes chegou-se à conclusão que o percentual de 15% de remoção de *stubs* era o valor que refletia as vias existentes, sem suprimir segmentos existentes ou acrescentar trechos fictícios.

Para cada medida sintática são originados mapas temáticos distintos. Além disso, é gerado um arquivo de texto, que pode ser transformado em planilha eletrônica com todos os dados numéricos dos mapas.

#### 3.2.4 *Análises*

Ao fim, como último passo metodológico, executou-se a análise dos resultados das medidas, onde estes foram avaliados e comparados à luz do referencial teórico apresentado, nos dois momentos objeto desta pesquisa (pista simples x pista duplicada). A análise aponta as alterações configuracionais do local em função da duplicação da travessia urbana. Além disso, foi realizado um estudo comparativo dos valores das medidas sintáticas encontradas com outras verificadas em outras cidades do Brasil e do mundo, com os objetivos de, por um lado validar o método da pesquisa e, por outro, somar ao repertório de medidas verificadas no país e internacionalmente.

### **3.3 *Análise sintática***

Conforme já explanado, o trabalho é conduzido pelo arcabouço teórico e metodológico da Teoria da Sintaxe Espacial. Em linhas gerais, considerando as particularidades da pesquisa proposta, pode-se dizer que a análise sintática está

calcada em dois eixos: uma primeira linha busca avaliar o nível de resiliência urbana, para tanto se apropria do método desenvolvido por Cutini (2013) e Rigatti (2016), utilizando o mapa axial com as seguintes medidas sintáticas:

- a. Valor da conectividade média;
- b. Sinergia;
- c. Índice  $v$ ;

Essas medidas foram devidamente apresentadas anteriormente no item 2.6.3 este trabalho.

O segundo eixo desenvolvido, diz respeito ao comportamento geral das características sintáticas da estrutura urbana em vista da alteração ocorrida no sistema viário. Para esta análise, serão estudadas as duas principais variáveis da Teoria da Sintaxe Espacial: integração global e *choice*. Na avaliação da primeira medida foi utilizado o mapa axial que é a forma usual para representar a integração global. Vale registrar, que todo o material pesquisado referenciou a utilização da medida da integração global com o mapa axial. No desenvolvimento deste trabalho foi testado o emprego desta medida com o mapa segmentado, verificou-se que os resultados remetiam a valores com outra grandeza numérica, de forma que impossibilitaria o estudo comparativo com os resultados de outros trabalhos. Para a medida de *choice* optou-se pelo emprego do mapa de segmentos, em função de que para estudos de transporte, que envolva a dinâmica dos fluxos urbanos, este tipo de mapa seria o mais indicado, tendo em vista que permite a análise de frações das linhas axiais (Barros, Silva e Holanda 2007).

Assim, para cada medida, foram confeccionados dois mapas temáticos, relativos aos dois cenários analisados, ou seja, um mapa relativo ao período anterior à implantação da duplicação da rodovia e outro mapa simulando o sistema viário resultante da duplicação da rodovia.

Por fim, foi realizado um breve estudo comparativo entre as medidas aferidas nos quatro assentamentos estudados. Neste ponto, cabe observar que para a comparação da medida de *choice*, foi utilizado o seu valor normalizado.

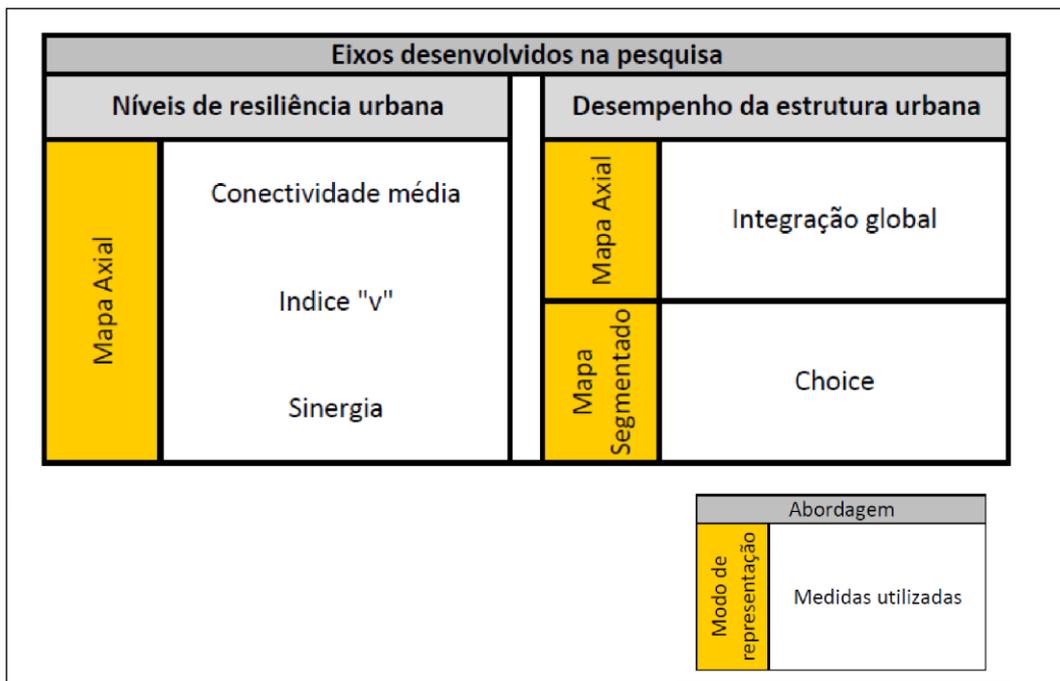


Figura 18 – Esquema dos eixos desenvolvidos na pesquisa e medidas utilizadas.

## CAPÍTULO 4 – Resultados

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados obtidos mediante a simulação computacional dos sistemas configuracionais e a sua respectiva análise das quatro travessias urbanas selecionadas e que são objeto do presente estudo: Distrito de Anhanduí pertencente ao município de Campo Grande/MS, Itaquirai/MS, Congonhas/MG e Fazenda Rio Grande/PR.

### 4.1 Estudo de Caso 1 – Distrito de Anhanduí/MS

#### 4.1.1 Caracterização

O Distrito de Anhanduí está localizado no território do município de Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul, e seu perímetro urbano é atravessada pela Rodovia BR-163.

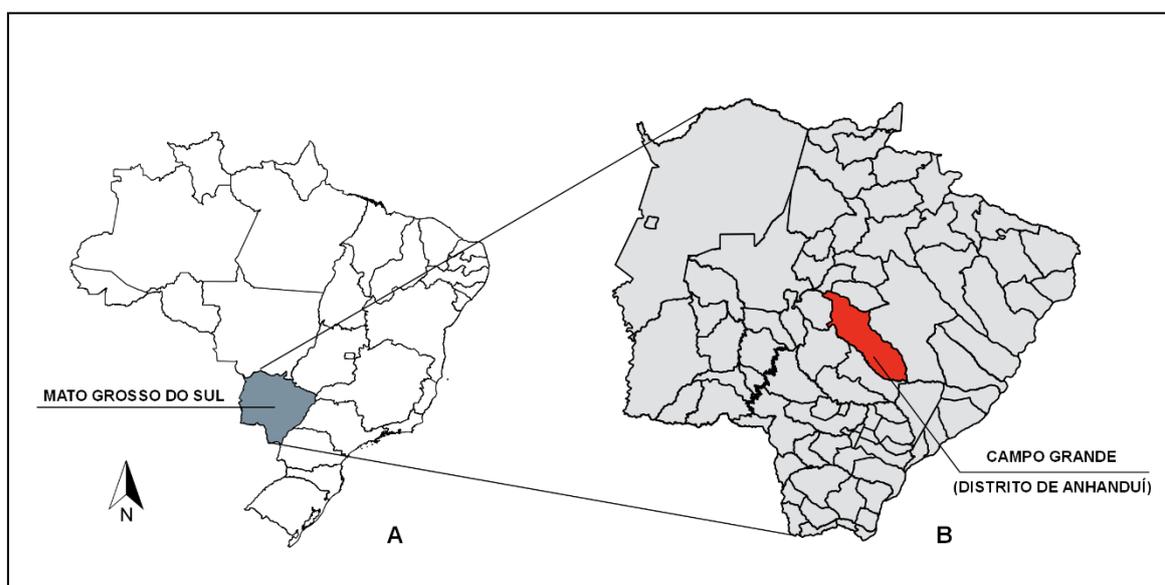


Figura 19 - Divisão em Estados do Brasil (A) e localização da cidade de Campo Grande – Distrito de Anhanduí (B).

O processo de ocupação de Anhanduí teve início na década de 50, mas a configuração atual corresponde a um projeto de loteamento aprovado em meados da década de 60 e que previa a execução de 2.800 terrenos. O plano original projetava a existência de uma praça central tendo ao seu redor o espaço destinado à prefeitura municipal, igreja, fórum e correio, formando uma espécie de centro cívico. Analisando a ocupação atual, verifica-se que praticamente não ocorreram alterações na sua malha, conservando a estrutura original e que há

uma baixa ocupação do número de lotes existentes. O Distrito de Anhanduí foi planejado, caracteriza-se pelo rigor geométrico representado pela grelha regular ortogonal com conexões em “X”, assentada sobre uma superfície plana. O sistema espacial do assentamento é marcado pela simplicidade e linearidade ao longo da BR-163.

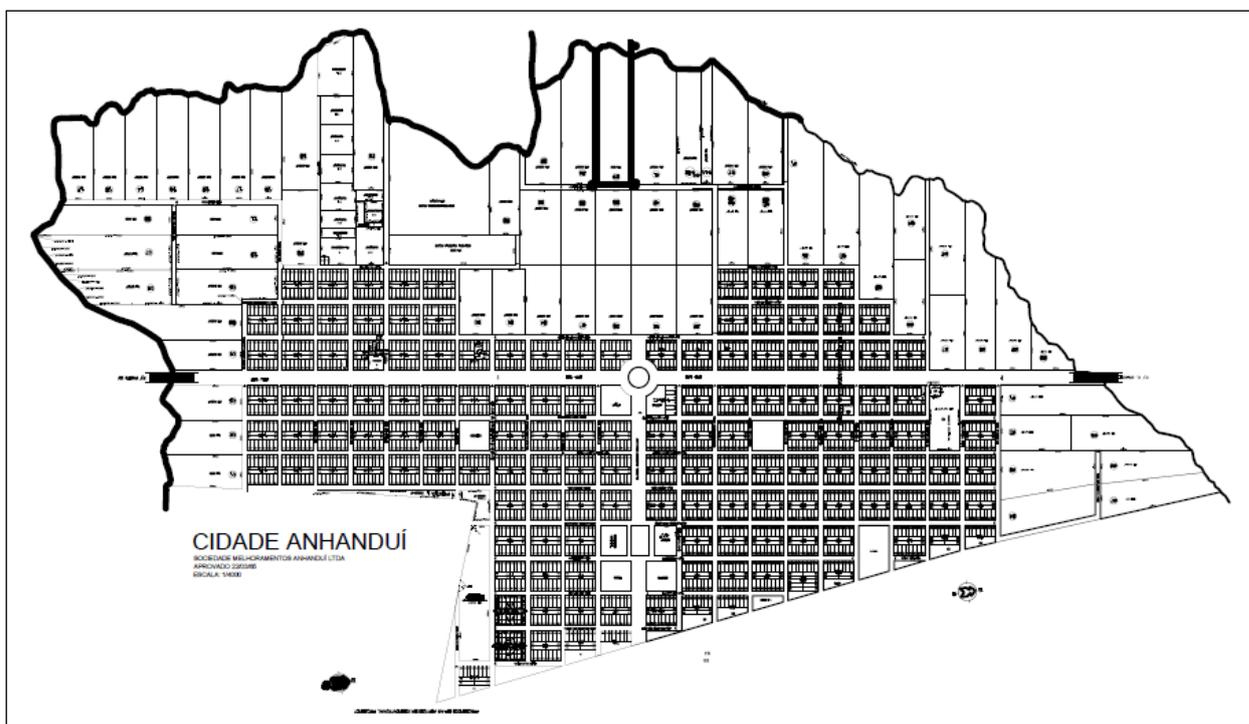


Figura 20 - Projeto da década de 60 para a implantação do Distrito de Anhanduí.

Conforme dados do Censo de 2010, o distrito possui população total de 4.267 habitantes, sendo 2.040 pessoas residentes na área urbana e 2.227 na área rural. A sua principal atividade econômica é a agropecuária e o comércio informal (ao longo da Rodovia BR-163) de produtos locais, onde destacam-se objetos artesanais, doces caseiros, queijos e pimenta (fig. 21). O comércio formal e a prestação de serviço estão dispostos ao longo das ruas laterais à rodovia. Entretanto, reitera-se que o levantamento do uso do solo não faz parte do escopo desta dissertação (fig. 22).

A BR-163 é uma rodovia que liga a região Sul ao Centro-Oeste e Norte do país, atravessando toda a extensão do estado do Mato Grosso do Sul, no sentido norte/sul, constituindo-se no principal corredor logístico daquele estado, comportando o escoamento da produção agrícola para os portos do Paraná e de

Santa Catarina. A extensão da travessia urbana do Distrito de Anhanduí corresponde a aproximadamente 3,00km.



Figura 21 - Rodovia BR-163. Observa-se as tendas de comércio informal localizadas no canteiro entre a rodovia e suas ruas laterais. Fonte: *Google earth*.



Figura 22 - Vista da rua lateral com a existência de comércio formal e estabelecimentos de prestação de serviço. Observa-se, ainda, à direita, o canteiro que separa a rodovia da rua lateral. Fonte: *Google earth*.

O recorte espacial deste estudo corresponde à toda área urbanizada do Distrito de Anhanduí. Para a sua caracterização foi utilizada a base cartográfica obtida junto à Prefeitura Municipal.

O sistema espacial objeto desta avaliação é marcado pela simplicidade e pequeno tamanho de uma grelha ortogonal rígida, com característica preponderantemente regular, composta por 66 linhas axiais, verificando-se que

algumas destas linhas – sobretudo aquelas referentes à rodovia e suas ruas laterais – percorrem toda a extensão do sistema estudado. Os quarteirões, na sua maioria, possuem tamanho regular (fig. 23). Anota-se que o relevo é plano o que facilita este tipo de implantação e possibilita a existência de linhas contínuas sem mudança de direção. Este tipo de estrutura, que se aproxima da malha ortogonal perfeita, é raso e muito simétrico (pouco hierárquico). De acordo com Hillier e Hanson (1984) a localização na malha ortogonal é potencialmente indistinta. Além disso, neste tipo de malha as linhas axiais transpassam vários espaços convexos e conectam-se com vários outros eixos. Para Braga (2013) neste tipo de malha, as diferenças nas medidas de integração são originárias da maior extensão dos eixos e da consequente potencialidade de maior conexão.



Figura 23 – Estrutura urbana do Distrito de Anhanduí/MS. Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

O projeto de duplicação da rodovia consiste na inserção de mais uma pista junto à via existente e a implantação de duas passarelas, de uma passagem inferior e de dois viadutos nas extremidades do assentamento (fig. 24).

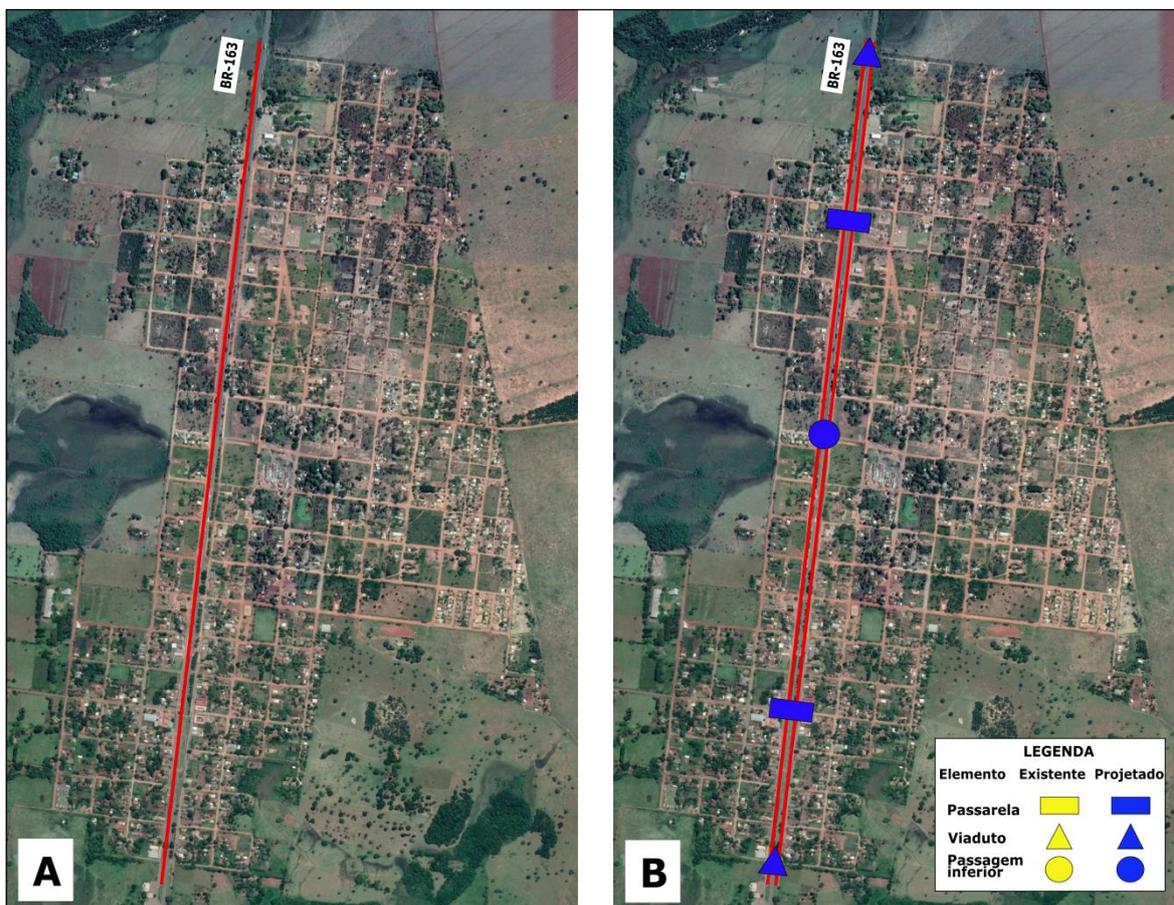


Figura 24 – Distrito de Anhanduí. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

#### 4.1.2 Análise sintática

Buscando examinar o nível de resiliência urbana com base no método sugerido por Cutini (2013), e conforme descrito no Capítulo 3 – Materiais e Métodos, são aferidas as medidas de conectividade média, índice “v” e sinergia. Em um segundo momento, são avaliadas as principais medidas da Sintaxe Espacial (integração e *choice*) com o objetivo de verificar o comportamento da estrutura urbana na situação original e na situação projetada com a duplicação da rodovia.

#### 4.1.2.1 Conectividade média

As linhas mais conectadas destacam-se por sua cor que varia do vermelho (maior número de conexões) ao azul escuro (menor número de conexões). Conforme a figura 23, o eixo com maior conectividade corresponde à rodovia BR-153, seguido pelas ruas laterais à rodovia. Este resultado era esperado, considerando serem essas as linhas mais longas do sistema, que atravessam todo o assentamento e, por conseguinte, - considerando a ortogonalidade da malha - são as linhas que possuem o maior número de intersecções. Cabe lembrar que o comprimento dos eixos e a medida de conectividade são propriedades locais em razão de que se relacionam a linha axial em si. Nesse sentido, Hillier (2002) reconhece que há uma tendência, em malhas consolidadas, para a correlação destas duas medidas, já que as linhas com o maior número de conexões tendem a corresponder às maiores linhas do sistema.

No que se refere à conectividade média, e analisando a situação existente, constata-se um valor de 7,36 conexões por linha, o que pode ser considerado um valor bastante alto. Tal situação é característica de núcleos de malha regular e ortogonal que ainda não sofreram acréscimos posteriores ao projeto original. Conforme Medeiros (2006:357): “(...) a *grelha ortogonal otimiza a quantidade de conexões por conta dos cruzamentos em “X” que reforçam a possibilidade de linhas atravessando grande parte dos sistemas*”.

Conforme trabalho de Medeiros (2006), a média da conectividade das cidades brasileiras equivale a 3,9, ou seja, o Distrito de Anhanduí, em função do identificado no estudo, possui um valor de conectividade média bastante superior ao verificado no âmbito nacional. Quando este valor é comparado em nível mundial, os maiores resultados para esse tipo de variável se encontram nas malhas latino-americanas (5,7), sendo inferior ao encontrado na localidade objeto do estudo.

Com a implantação do projeto de duplicação e a construção de novos dispositivos (passarelas, viadutos, e passagem inferior), bem como o seccionamento das vias transversais à rodovia, há um aumento no número de linhas axiais existentes, passando de 66 para 102 linhas.

Quanto à conectividade média, constata-se que, quando cotejada com a situação original, há uma diminuição de mais de 30% em seu valor, perfazendo 4,70 conexões por linha, o que reflete uma menor articulação interna da malha, explicada pelo seccionamento dos eixos transversais à rodovia. Verifica-se um aumento de conexões em “T” substituindo os cruzamentos em “X”. Não obstante, mesmo com a diminuição do valor de conectividade média na situação projetada, ele é ainda superior à média das cidades brasileiras (3,9). Em uma breve análise no mapa (fig. 25), chama atenção o fato que o eixo correspondente à rodovia que na situação original era a que apresentava o maior número de conexões com outras vias, agora, com as alterações provocadas pelo projeto de duplicação, perde esta condição (fig. 26). Isso acontece, como já exposto, em uma situação de rodovia duplicada quando se almeja que esta seja um caminho com características de via expressa, com mínimas interferências externas.

Sob a ótica da resiliência urbana, de acordo com o proposto por Cutini (2013), considerando isoladamente a variável da conectividade média e a redução do seu valor, é possível concluir que na situação projetada há um aumento da vulnerabilidade do sistema se comparada com a situação original. Isso se deve por conta da diminuição das conexões nos eixos e o conseqüente decréscimo de caminhos alternativos potenciais. Em outras palavras: a configuração original do assentamento se apresenta mais resiliente do que a configuração resultante do projeto de duplicação da rodovia.



Figura 25 – Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade.

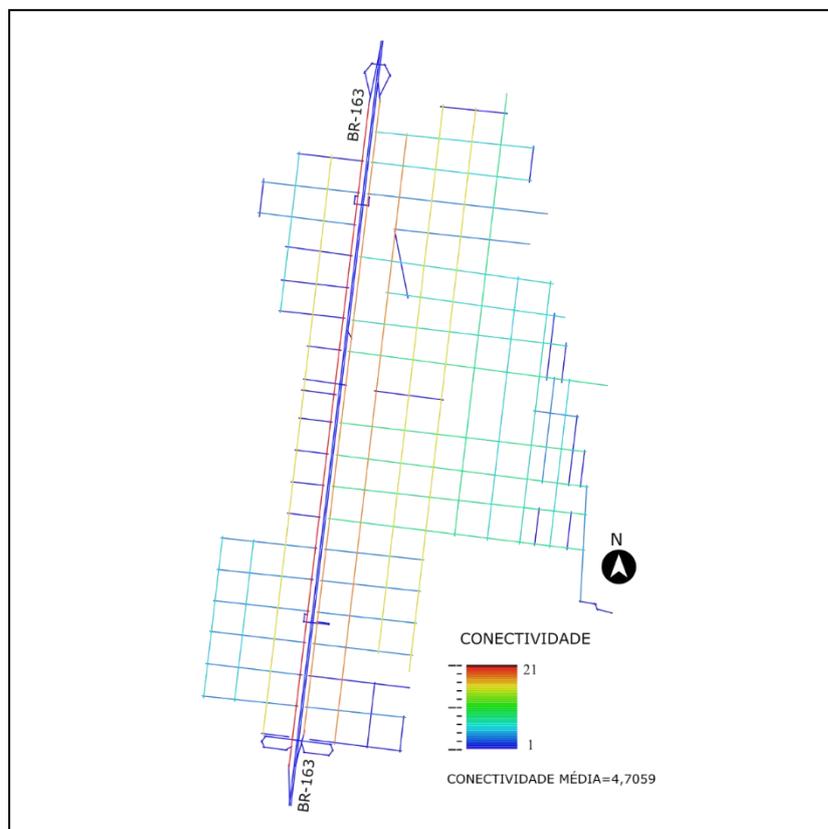


Figura 26 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade.

#### 4.1.2.2 Índice “v”

Partindo da premissa que a resiliência urbana está associada com a difusão de caminhos alternativos, e que seu valor pode ser relacionado com o nível de distribuição dos caminhos mais curtos, lembra-se que Cutini (2013) propõe o índice “v” correlacionando a variável de *choice* com o número de eixos existentes no sistema. O índice “v” varia de 0 a 1, sendo que quanto maior for seu valor a resiliência do sistema diminui.

Na situação existente, considerando  $choice_{max}$  com o valor de 856 e 66 linhas compondo o sistema, o índice “v” calculado corresponde a 0,4115 (fig. 27). Já na situação projetada, o valor da medida de  $choice_{max}$  equivale a 3639 para 102 linhas, que resultam em um índice “v” igual a 0,7206 (fig. 28).

Pelos resultados, considerando todos os pares possíveis de origem/destino do assentamento, torna-se claro que na segunda situação, o deslocamento pelo caminho mais curto fica dependente em maior grau de um determinado eixo, no caso, da rua lateral à rodovia, localizada no lado onde o sistema é maior. Portanto, infere-se que caso haja algum tipo de interrupção neste eixo (via) ocasionará uma maior perturbação no sistema.

Seguindo a lição de Cutini (2013), os valores encontrados para o índice “v” indicam que na situação projetada com a duplicação da rodovia há uma diminuição da resiliência urbana do sistema analisado. Isto é, a situação existente atualmente no assentamento encontra-se menos vulnerável quando comparada com a situação projetada. Justifica-se tal afirmativa pelo fato que é plausível supor que os sistemas onde se verificam a presença difusa de caminhos mais curtos ao longo de toda a rede, possui um nível de resiliência maior.

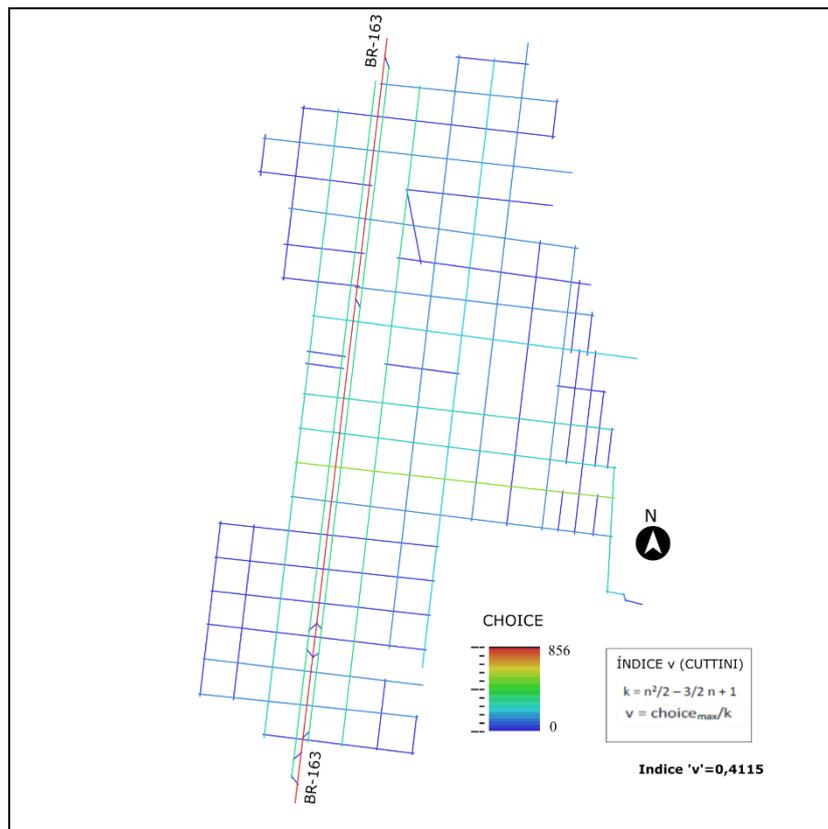


Figura 27 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – Choice.

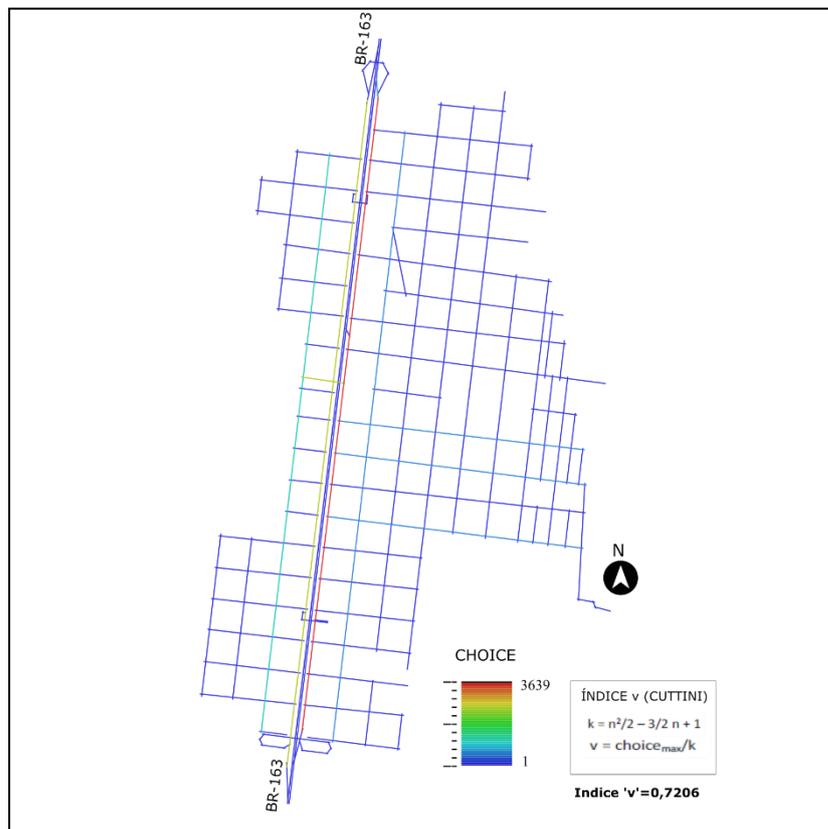


Figura 28 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – Choice.

#### 4.1.2.3 Sinergia

A terceira medida preconizada por Cutini (2013) para avaliar a resiliência urbana de um assentamento é a sinergia, que corresponde à correlação entre a integração global e local de um sistema. Na situação original, o valor encontrado para o Distrito de Anhanduí equivale a 0,9761, o que corresponde a uma correlação altíssima. Significa dizer que em mais de 97% das linhas do sistema urbano, para uma maior integração global corresponde uma maior integração local. Há uma clara sincronia entre as propriedades globais e locais do sistema. Para fins de comparação as cidades brasileiras possuem um valor médio de sinergia de 36% (Medeiros, 2006). Esta alta correlação é explicada em função de duas situações: primeiro, conforme Medeiros (2006:454) “*para a sinergia, quanto maior for um sistema, menor o valor.*”, logo, para um sistema pequeno como o do objeto deste estudo, o valor da sinergia tende a ser maior. Além disso, normalmente, à uma malha regular ortogonal corresponde uma alta correlação das escalas de integração global e local. Assim, considerando a forma regular e compacta do Distrito de Anhanduí, onde não foram verificados acréscimos posteriores à sua malha viária original, era esperado um alto valor nesta variável.

Na situação projetada a sinergia do assentamento diminui para 0,6742, (ou 67% das linhas) o que denota uma queda considerável nesta variável de segunda ordem, revelando um distanciamento entre as propriedades globais e as propriedades locais do sistema. Esta alteração é plenamente perceptível nos respectivos gráficos. No gráfico da situação original (fig. 29) nota-se que os pontos estão concentrados junto a linha de regressão. Já na situação em que foi inserido o projeto de duplicação da rodovia, o gráfico (fig. 30) demonstra um valor mais baixo da medida, perfectibilizado na ocorrência de pontos mais esparsos, distanciando-se da linha de regressão. Não obstante, o valor pós-duplicação de 0,6742 para sinergia pode ser considerado alto, quando comparado com outros exemplares. Ademais, no segundo cenário, o valor de sinergia mais baixo exprime um mínimo de diferenciação espacial, o que pode criar condições melhores para o uso e apropriação dos espaços.

Para fins de resiliência, contudo, com fundamento no método proposto por Cutini (2013), considerando a alteração nos valores da medida de sinergia, pode-

se afirmar que a situação após a implantação do projeto de duplicação resultou em uma diminuição da resiliência urbana.

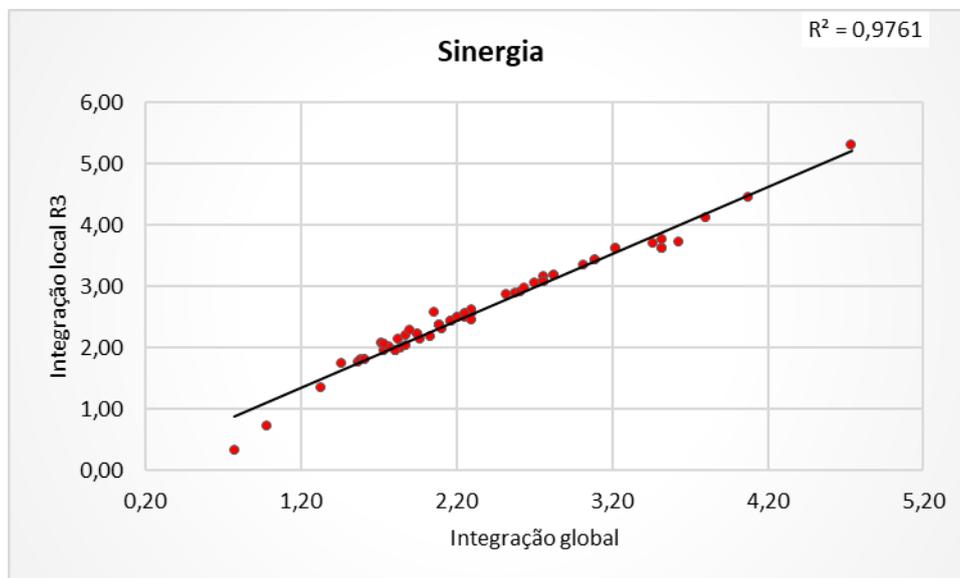


Figura 29 - Distrito de Anhanduí. Gráfico *Scatter plot* / situação original – Sinergia.

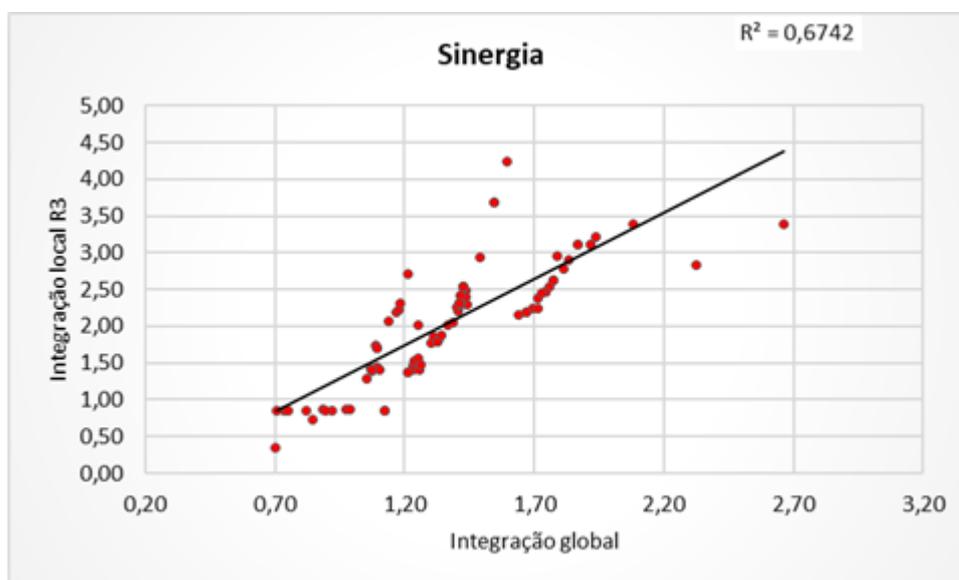


Figura 30 - Distrito de Anhanduí. Gráfico *Scatter plot* / situação projetada – Sinergia.

Assim, as medidas preconizadas por Cutini (2013) para aferição da resiliência urbana, possuem os seguintes valores para a localidade de Distrito de Anhanduí:

Medida	Situação Original	Situação Projetada	%
Conectividade média	7,3636	4,7059	- 36,09
Índice 'v' - $choice_{max} / k$	0,4115	0,7206	+ 75,11
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,9761	0,6742	- 30,93

Tabela 1 - Valores referentes ao índice de resiliência urbana - Distrito de Anhanduí.

Verifica-se que houve considerável alteração nos três parâmetros propostos. A diminuição nos valores da conectividade média e sinergia indicam uma diminuição da resiliência urbana com o projeto de duplicação da rodovia. Da mesma forma, o aumento no valor do índice 'v' aponta para o aumento da vulnerabilidade do sistema. Assim, em uma análise conjunta dos três índices, infere-se que, sob a ótica da análise configuracional, o projeto de duplicação da rodovia ocasionou a diminuição da resiliência urbana do assentamento. Cabe ponderar, entretanto, que tais resultados necessitam ser relativizados em função da situação peculiar da configuração urbana do Distrito de Anhanduí, formada por uma grelha regular.

#### 4.1.2.4 Integração global

Neste segundo momento, busca-se avaliar o comportamento geral do sistema, e as alterações proporcionadas pela implantação da duplicação da travessia urbana.

A integração global do sistema – na situação original - é capturada pela Rodovia BR-163, que apresenta um elevado valor para esta variável (4,7380), em seguida aparecem as suas ruas laterais oeste e leste com respectivamente 4,0731 e 3,6080 para esta medida (fig. 31). Considerando a vigorosa ortogonalidade da malha viária que resulta em uma homogeneidade geométrica do assentamento, faz total sentido que a integração global se concentre nos eixos retilíneos mais longos que cruzam todo o sistema e acabam por conectar e articular todas as suas partes.

Analisando a malha urbana em sua totalidade, verifica-se que a distribuição da integração global é disposta de modo mais ou menos homogêneo por todo o sistema, com uma diminuição de valores nas extremidades do assentamento ocasionando um efeito de borda, mesmo assim constituem espaços pouco profundos, não labirínticos.

Conforme Medeiros (2006) os sistemas mais integrados são de dois tipos: os pequenos, com menor quantidade de eixos e os ortogonais com traçado reticulado. O Distrito de Anhanduí incorpora estas duas características. Por um lado, possui uma malha com uma vigorosa ortogonalidade e por outro apresenta apenas 66 linhas. Desta forma, na situação existente, o assentamento possui uma integração global média equivalente a 2,3655, o que é um valor bastante alto. Para fins de comparação, no trabalho realizado por Medeiros (2006) em que foram analisadas 44 cidades brasileiras, o sistema mais integrado foi o da cidade de Porto Velho/RO com valor de integração médio de 1,458, ou seja, aproximadamente 40% menor que o valor encontrado no Distrito de Anhanduí. Ainda, a título de comparação, as cidades brasileiras estudadas possuem como média de integração global o valor de 0,764, o que denota a elevada integração existente na malha urbana do Distrito de Anhanduí.

A análise sintática assevera que as vias que obtiveram os valores mais altos de integração concentram as atividades comerciais e de serviço. Como já explicado, para a rodovia converge o comércio informal de produtos naturais e artesanais que são vendidos em barracas localizadas nos canteiros existentes entre a rodovia e suas ruas laterais. O comércio formal e a prestação de serviços, por seu turno, estão localizados nos imóveis lindeiros às ruas laterais, sobretudo na porção sul do assentamento.

A partir da inclusão do projeto da duplicação da rodovia (fig. 32), verifica-se que há uma considerável redução nos valores de integração global do sistema. Há um decréscimo de aproximadamente 40% no valor médio de integração, alterando-se para 1,3927 (Tab. 2). Isto ocorre basicamente por duas razões: a) pela segregação das pistas da rodovia duplicada<sup>23</sup>, com restrição de acessos; b) pelo seccionamento dos eixos transversais à rodovia. Estas razões são potencializadas pelo diminuto tamanho do sistema e pela maneira que a rodovia está inserida no tecido urbano, com papel central na estruturação urbana, sendo, originalmente, a principal via integradora do sistema.

---

<sup>23</sup> Lembrando que, conforme explanado no item 2.2.4 do Capítulo 02 – Referencial Teórico, esta segregação é almejada sob a ótica da rodovia, haja vista que o menor número de interferências gera menor impacto na fluidez do tráfego.

Observa-se que os eixos transversais à BR-163 possuíam a virtude de integrar os dois lados da rodovia. A duplicação da rodovia ocasiona o rompimento destes eixos e a conseqüente não continuidade destas linhas, de modo que há uma desarticulação entre os dois lados da rodovia dificultando a sua transposição e majorando o efeito barreira causado por ela.

Cabe lembrar que na situação original a rodovia é o eixo com maior integração (4,7380), entretanto, após a inserção do projeto de duplicação, ela perde esta condição, passando a rua lateral leste a desempenhar este papel com valor de integração global de 2,6631 (Tabela 2). Na situação de duplicação da rodovia, o segundo segmento que apresenta maior integração é a passagem inferior implantada com o valor de 2,3247. A rodovia que, originalmente, também possui um papel fundamental nos deslocamentos intraurbanos, com a sua duplicação e a conseqüente segregação, passa a exercer apenas a função de suporte para a movimentação interurbana (longa distância) de dispositivos motorizados.

Esta alteração abrupta na configuração espacial do tecido urbano, que não é fruto de processos naturais que se desenvolvem ao longo do tempo, possivelmente refletirão nas formas de ocupação e uso do solo. É possível inferir que com o passar do tempo ocorra uma realocação de determinadas atividades que demandem a presença de pessoas (comércio e serviços) para os locais que concentrem os maiores níveis de integração.

<b>Integração global</b>	Mínimo	Média	Máximo
Situação original	0,7739	2,3655	4,7380
Situação projetada	0,7048	1,3927	2,6631

Tabela 2 - Valores referentes a medida de integração global – Distrito de Anhanduí.

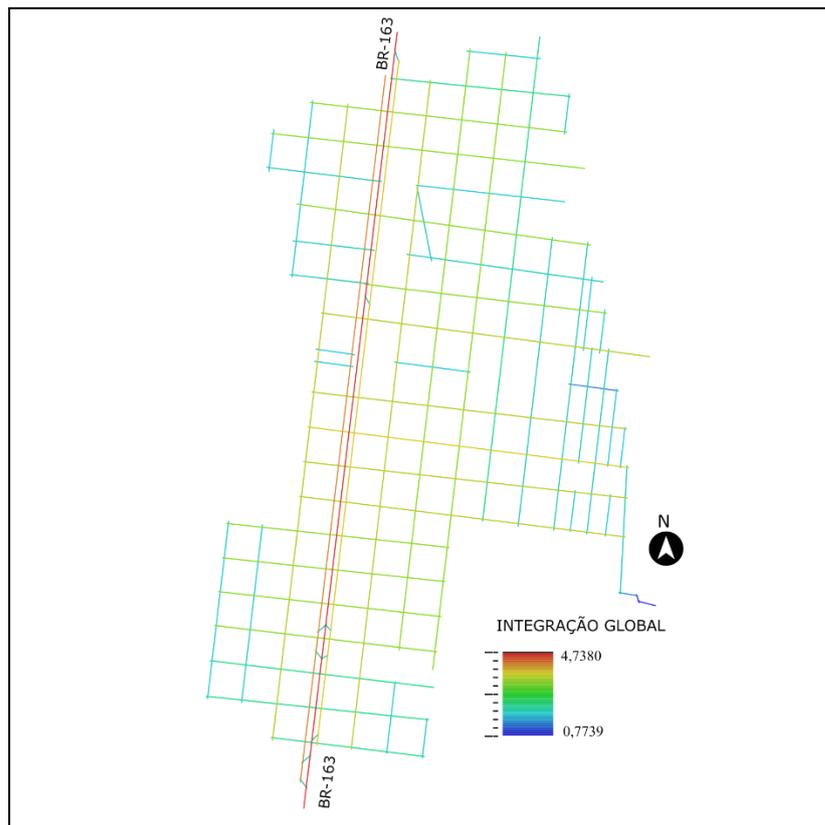


Figura 31 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação original – Integração global.



Figura 32 - Distrito de Anhanduí. Mapa axial / situação projetada – Integração global.

#### 4.1.2.5 *Choice*

A variável *choice* quando aferida no mapa de segmentos tende a expressar aspectos da hierarquia viária, com os eixos de maior valor correspondendo àqueles “(...) *mais utilizados durante a verificação do menor trajeto topológico entre qualquer par de pontos do sistema urbano*” (DIAS, 2014, p. 152)

Analisando o gráfico de *choice* na configuração original do assentamento (fig. 33) observa-se que os segmentos com maiores valores desta variável encontram-se na Rodovia BR-163, principalmente na porção sul do sistema, onde estão concentrados o comércio informal. Além disso, nestes trechos, nas ruas laterais localizam-se o comércio formal e estabelecimentos de serviços. Pode-se considerar que o comércio informal localizado junto à rodovia tem os viajantes de longo percurso como público consumidor prioritário, de forma que a sua localização não pode ser considerada como fruto da configuração espacial do assentamento. Entretanto, a concentração do comércio formal e da rede de serviços nas ruas laterais destes trechos da rodovia que possuem maiores valores de *choice*, pode ser explicado pela configuração urbana do assentamento, haja vista que estes são locais onde tendem a concentrar o fluxo de pessoas cujo deslocamento se dá no âmbito local.

Além disso, pode-se dizer, com base nesta variável, que a rodovia constitui um corredor que se destaca na hierarquia viária e divide o assentamento pela metade. Com a implantação da duplicação da rodovia, há uma alteração significativa nesta variável. Na situação original a ligação entre um lado e outro da cidade é efetuada em vários pontos ao longo da travessia urbana, pois não existe uma separação física entre as faixas da rodovia. A duplicação da rodovia prevê a execução de uma barreira de concreto dividindo as duas pistas da rodovia o que impossibilitará a sua transposição de forma indiscriminada. Na nova configuração para atravessar a rodovia o pedestre utilizará alguns dispositivos (passarelas, passagem inferior e viadutos) a serem implantados em locais específicos.

Assim, na situação projetada, o segmento correspondente à passagem inferior a ser implantada, que ligará um lado ao outro do assentamento possuirá o maior valor de *choice* equivalendo a 41.721. O segundo segmento com maior valor de *choice* refere-se a trecho da rua lateral leste que está ligado diretamente

a passagem inferior e possui o valor de 39.590. Ambos segmentos estão representados com a cor vermelha na figura 34. Observa-se que na configuração original do assentamento, a passagem inferior inexistia, sendo implantada com a duplicação e o trecho da rua lateral leste possui valor de *choice* de 8.659, bastante inferior ao identificado na situação projetada. Ademais, na situação original, os quatro trechos da rodovia em vermelho (fig. 33) correspondem aos segmentos com maior valor nesta variável, cujo montante gira em torno de 12.000.

Diante do exposto, é possível inferir que na situação projetada há uma concentração dos eixos mais utilizados para o menor percurso topológico entre quaisquer de pontos da malha urbana, o que denota uma maior dependência de determinadas vias para o deslocamento das pessoas e, verifica-se também, a tendência de uma alteração significativa no padrão de movimentação das pessoas na malha que pode acarretar transformações no uso e ocupação do solo.

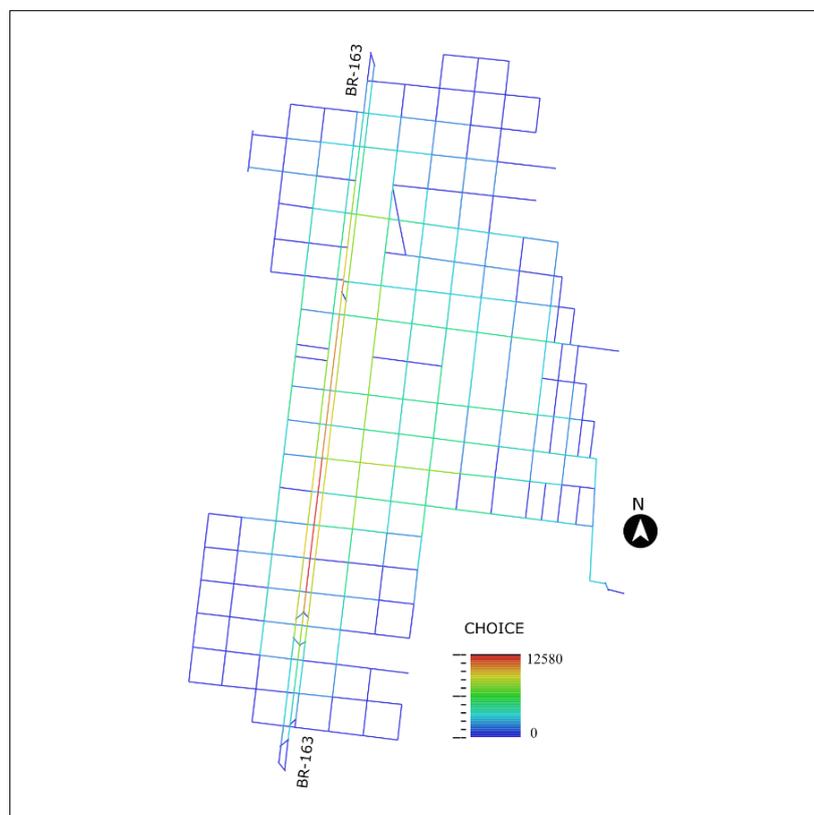


Figura 33 - Distrito de Anhanduí. Mapa segmentado / situação original – *Choice*.

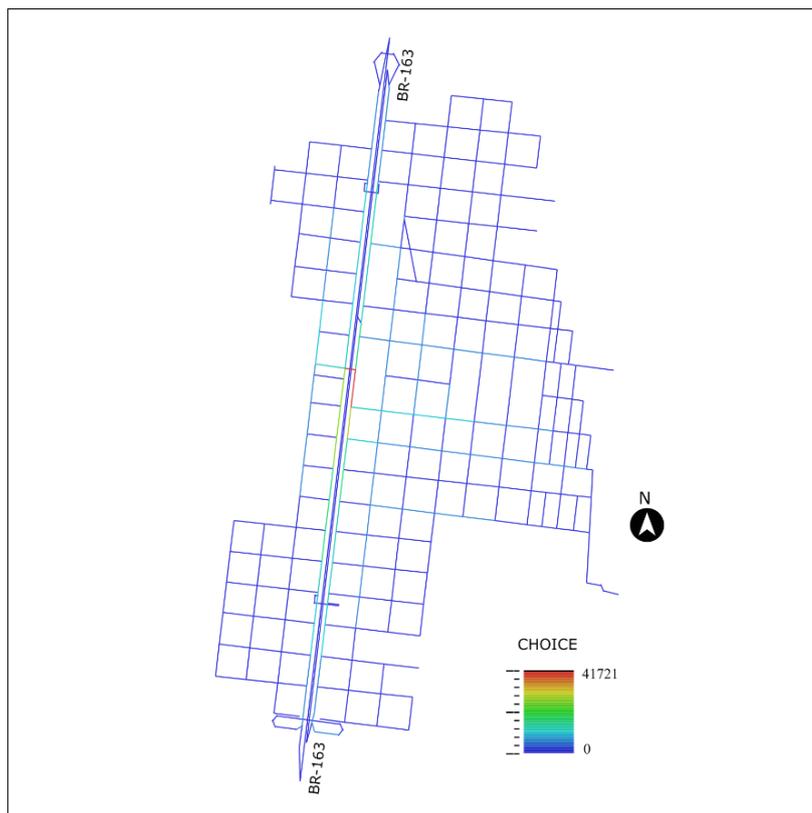


Figura 34 - Distrito de Anhanduí. Mapa segmentado / situação projetada – *Choice*.

Abaixo segue os valores de *choice* encontrados nas simulações efetuadas no Distrito de Anhanduí:

	<b><i>Choice</i> máxima</b>	<b><i>Choice</i> máxima normalizada</b>
Situação original	12580	1,4607
Situação projetada	41721	1,5813
%	+231,64%	+8,25%

Tabela 3 – Valores referentes a medida de *Choice* - Distrito de Anhanduí.

## 4.2 Estudo de Caso 2 – Itaquirai/MS

### 4.2.1 Caracterização

A cidade de Itaquirai está localizada na porção meridional do estado de Mato Grosso do Sul tendo a rodovia BR-163 como principal ligação ao norte do estado e com a capital.

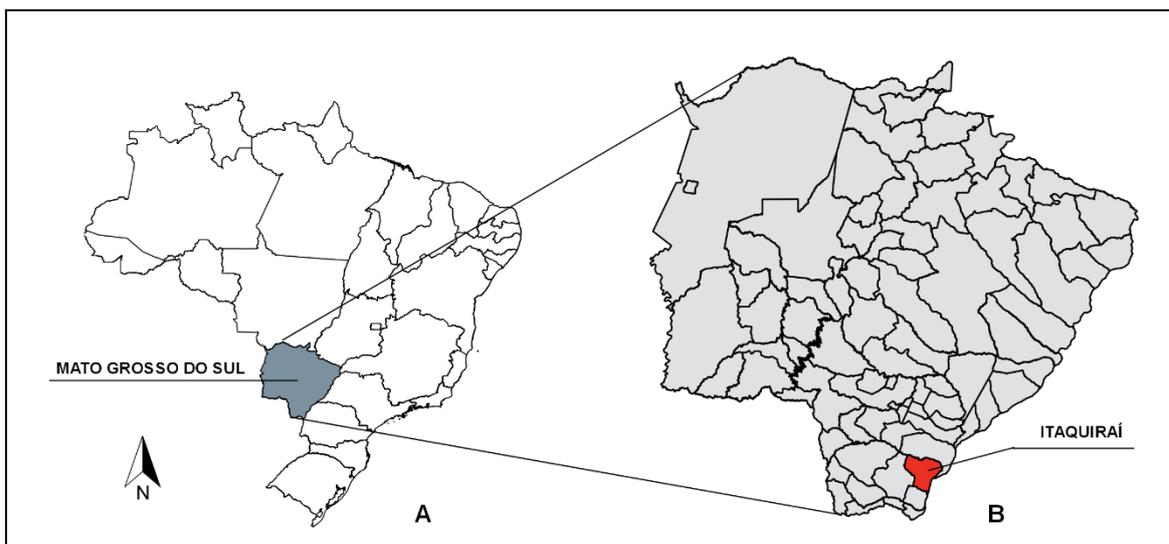


Figura 35 - Divisão em Estados do Brasil (A) e localização da cidade de Itaquiraí (B).

A região onde está localizada Itaquiraí foi ocupada por bandeirantes, com a formação de grandes fazendas que tinham a exploração da erva-mate para exportação como principal atividade. No início dos anos 1960 inicia a formação do povoado com a chegada de migrantes oriundos de São Paulo e Mato Grosso. A emancipação política-administrativa ocorre em 1980 com o desmembramento da atual área de Itaquiraí do município de Iguatemi. Quanto aos aspectos geográficos, observa-se que o relevo é plano e a população residente corresponde a 18.614 habitantes<sup>24</sup>, sendo que destes 7.600 habitantes vivem na área urbana.

A extensão da travessia urbana de Itaquiraí corresponde a aproximadamente 3,00km. A Rodovia BR-163, no trecho urbano de Itaquiraí, possui a denominação de Avenida Industrial. Observa-se que neste trecho a rodovia possui a característica de via urbana, principalmente na sua porção norte, inclusive em alguns pontos possui estacionamento oblíquo, junto ao canteiro central da rodovia e um incipiente tratamento paisagístico com a inclusão de arborização (fig. 36). A ocupação ao longo da travessia urbana de Itaquiraí consiste tanto em estabelecimentos destinados, prioritariamente, ao fluxo de longa distância, como, por exemplo, hotéis, postos de combustíveis e oficinas mecânicas, mas também com vocação local, como, padarias, farmácias e lojas de

<sup>24</sup> Conforme dados do último censo do IBGE de 2010. De acordo com estimativa do mesmo Instituto, a população de Itaquiraí alcança 20.637 em 2017.

vestuário. Este comércio local verifica-se sobretudo na porção a norte da Avenida Treze de Maio.



Figura 36 – Vista da travessia urbana da Rodovia BR-163 em Itaquiraí/MS. Fonte: *Google earth*.

Este estudo avaliará, em sua totalidade, a área urbanizada, do município de Itaquiraí. A malha viária do assentamento é caracterizada por três eixos estruturantes principais, (fig. 37) que percorrem toda a área urbana: na direção norte-sul verifica-se a rodovia BR-163 que forma o eixo estruturante principal possuindo uma leve inflexão; perpendicular à rodovia, na direção leste-oeste, observa-se os outros dois eixos estruturantes: a rodovia estadual MS-488 e a Avenida Treze de Maio. O sistema é marcado pela simplicidade e pelo diminuto tamanho da malha ortogonal que acompanha a inflexão da BR-163. Caracteriza-se como uma malha preponderantemente regular, composta por 140 linhas axiais que formam quarteirões que, em sua maioria, possuem tamanho regular.

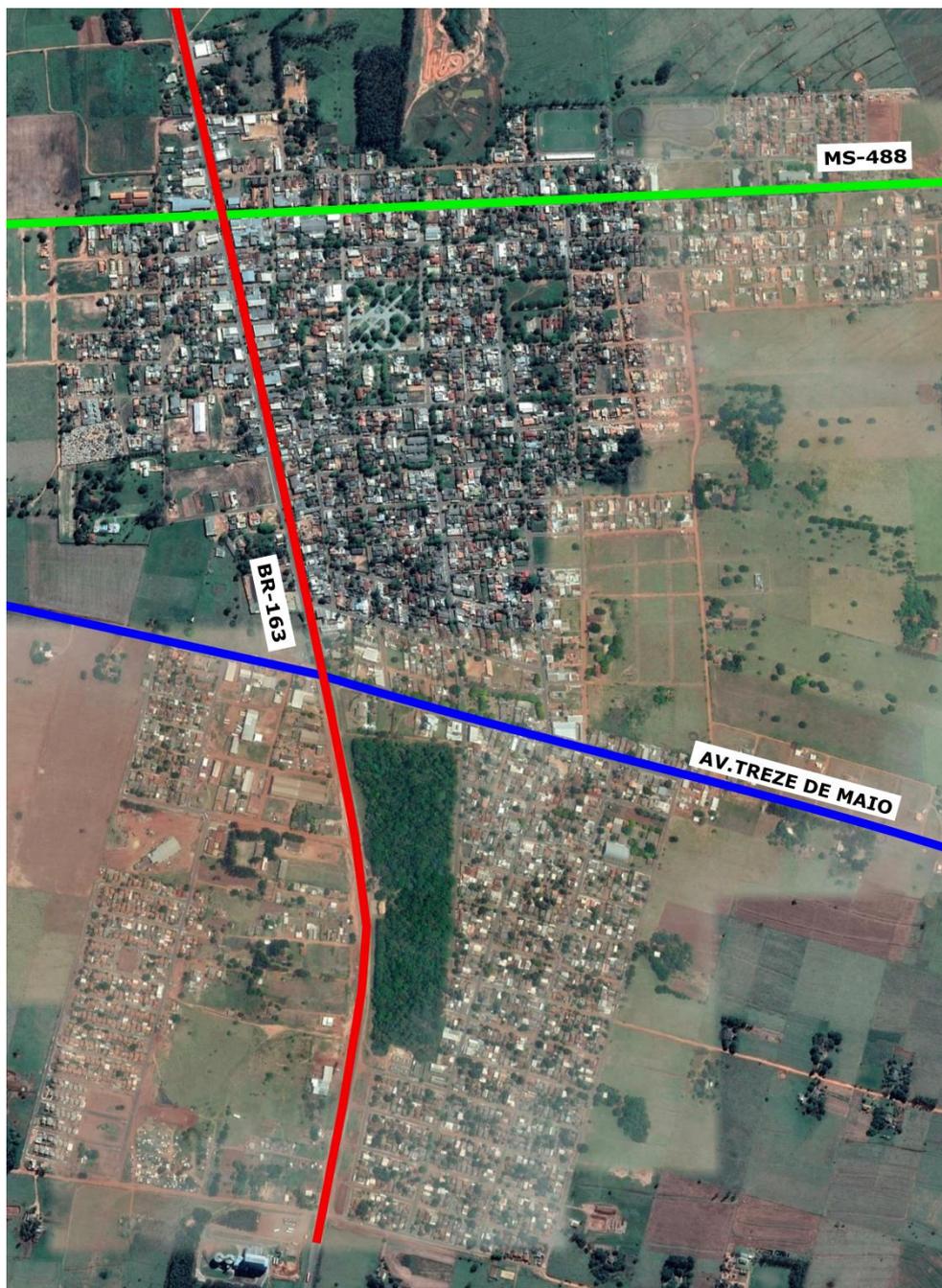


Figura 37 - Eixos principais da estrutura urbana de Itaquiraí/MS. Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

Pode-se dividir o território urbano de Itaquiraí em quadrantes com características distintas, divididos na direção sul-norte pela Rodovia BR-163 e na direção leste-oeste pela Avenida Treze de Maio. No 1º quadrante (norte-leste) possui maior área, e onde está localizada a porção mais antiga e consolidada do assentamento, com a maior concentração de serviços e comércio, e está situado o centro cívico. No quadrante norte-oeste, há o predomínio de ocupação

residencial, e verifica-se a existência de algumas pequenas chácaras e glebas sem urbanização. No quadrante sul-oeste, de ocupação mais recente, são verificadas duas situações: na fração junto à rodovia está localizado o distrito industrial de Itaquirai, enquanto que na área mais distante da rodovia verifica-se a existência de novos loteamentos populares. Por fim, no quadrante sul-leste, há a predominância de ocupação residencial em malha regular e também é onde está localizado o Bosque Municipal.

No projeto de duplicação há previsão de implantação de duas passagens inferiores e uma passarela. (fig. 38).

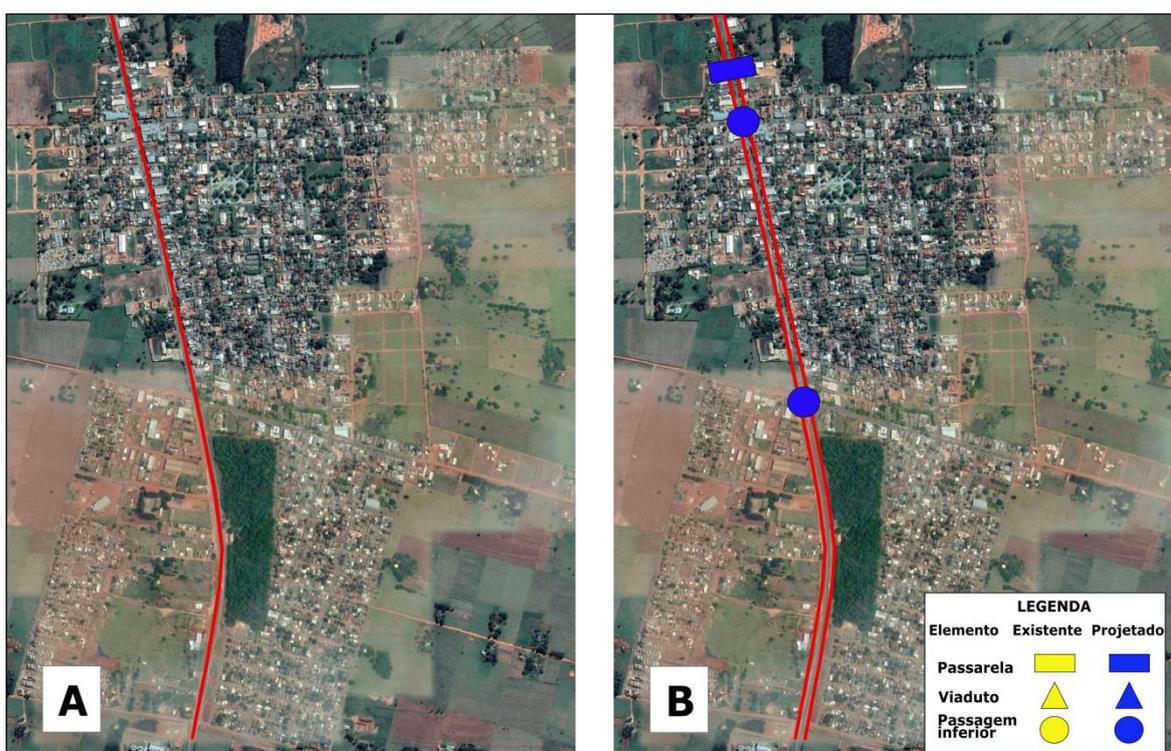


Figura 38 – Itaquirai. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

#### 4.2.2 Análise sintática

Partindo da avaliação do assentamento em dois momentos, (antes e após da duplicação da rodovia) e utilizando o ferramental da sintaxe espacial, verificar-se-á, em um primeiro momento, o nível de resiliência urbana do sistema, e, posteriormente, a avaliação das principais medidas sintáticas: *integração* e *choice*.

#### 4.2.2.1 Conectividade média

Quanto à conectividade média, a situação existente apresenta um valor de 4,61 conexões por linha (fig. 39), o que pode ser considerado um valor alto e é característico de assentamentos com malha regular e ortogonal. Observa-se que este valor é superior à média de conectividade apurado nas cidades brasileiras (3,9 conexões por linha) (Medeiros, 2006).

A implantação do projeto de duplicação, a construção de novos dispositivos (passarela e passagens inferior) e o seccionamento das vias transversais à rodovia acarreta um aumento no número de linhas axiais existentes, passando de 140 linhas para 167 linhas axiais na nova situação (fig. 40).

Analisando a conectividade média a partir da implantação do projeto de duplicação, obtém-se o valor de 4,20 conexões por linha, o que resulta em uma diminuição de, aproximadamente, 9% se comparado com o valor de conectividade média encontrado na situação original. Mesmo considerando o pequeno número de linhas do sistema e a ruptura dos eixos transversais à rodovia no projeto de duplicação, observa-se que o decréscimo no valor da conectividade média é relativamente baixo (9%), entende-se que isto ocorre pela característica da implantação do assentamento, o qual não possui uma acentuada linearidade ao longo da rodovia, mas propaga-se na direção perpendicular àquela via. Não obstante, anota-se que este valor ainda é superior ao valor de 3,90 conexões por linha que é a média das cidades brasileiras, e semelhante à média das cidades mundiais (4,32 conexões por linha).

Assim, de acordo com o método desenvolvido por Cutini (2013), e a partir apenas da variável conectividade média, infere-se que a implantação do projeto de duplicação e a consequente diminuição do valor desta variável, implica na minoração do nível de resiliência urbana em Itaquiraí.

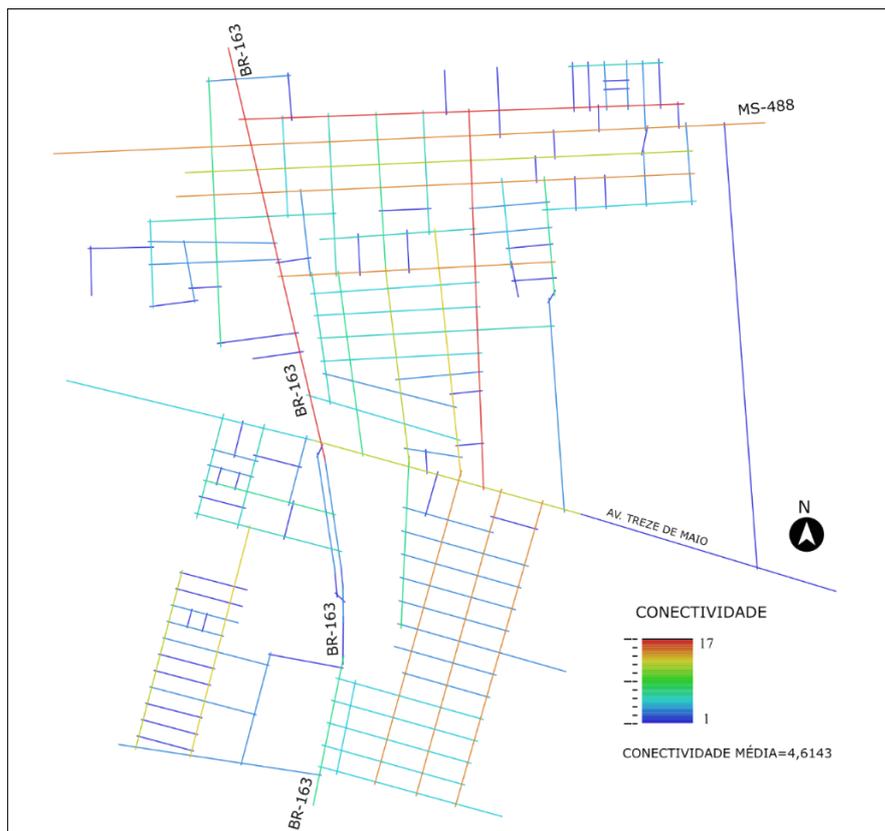


Figura 39 - Itaquirai. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade.



Figura 40 - Itaquirai. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade.

#### 4.2.2.2 Índice “v”

Para o cálculo do índice “v”, na configuração original, considerou-se a variável  $choice_{max}$  com o valor de 7386 para um sistema composto por 140 linhas, resultando no índice “v” igual a 0,7701. Na situação projetada, o valor da medida de  $choice_{max}$  utilizada foi de 10911 para 167 linhas, determinando o valor de 0,7967 para o índice “v”.

O aumento desta medida, seguindo o proposto por Cutini (2013), assinala que neste sistema ocorre a diminuição do índice de resiliência urbana na situação projetada com a duplicação da rodovia. Em outras palavras: o sistema estudado torna-se mais vulnerável na situação em que se verifica a presença da rodovia duplicada. Justifica-se tal assertiva em função de que os deslocamentos mais curtos entre todos os pares de locais do sistema estudado, na situação projetada, ficam restritos, de forma numerosa, em certo trecho de via.

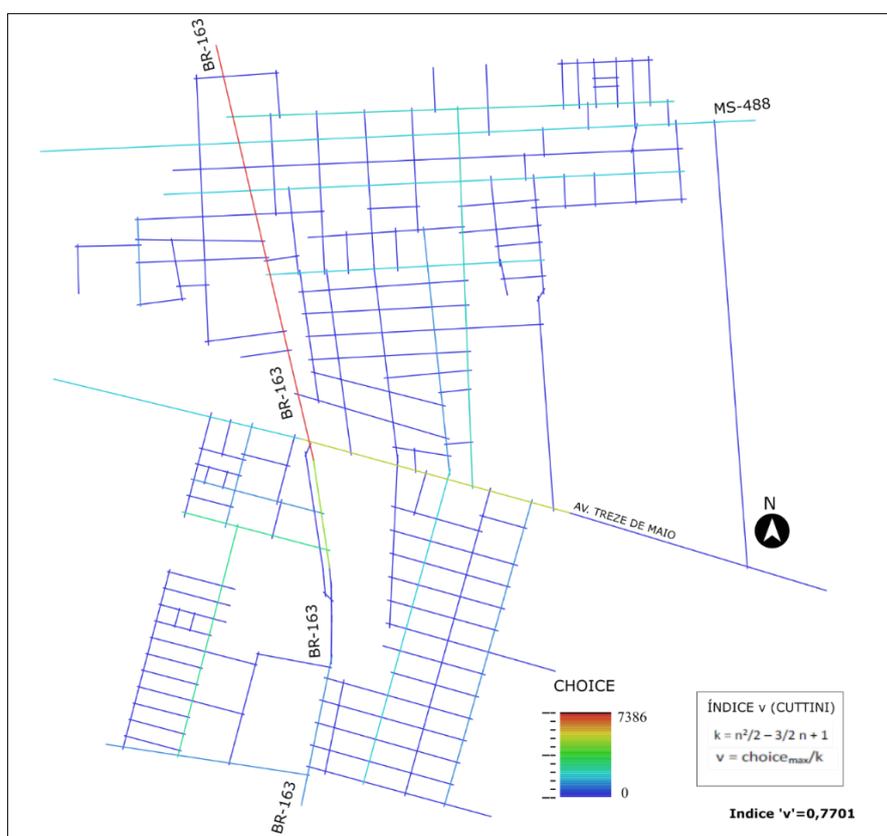


Figura 41 - Itaquiraí. Mapa axial / situação original – Choice.

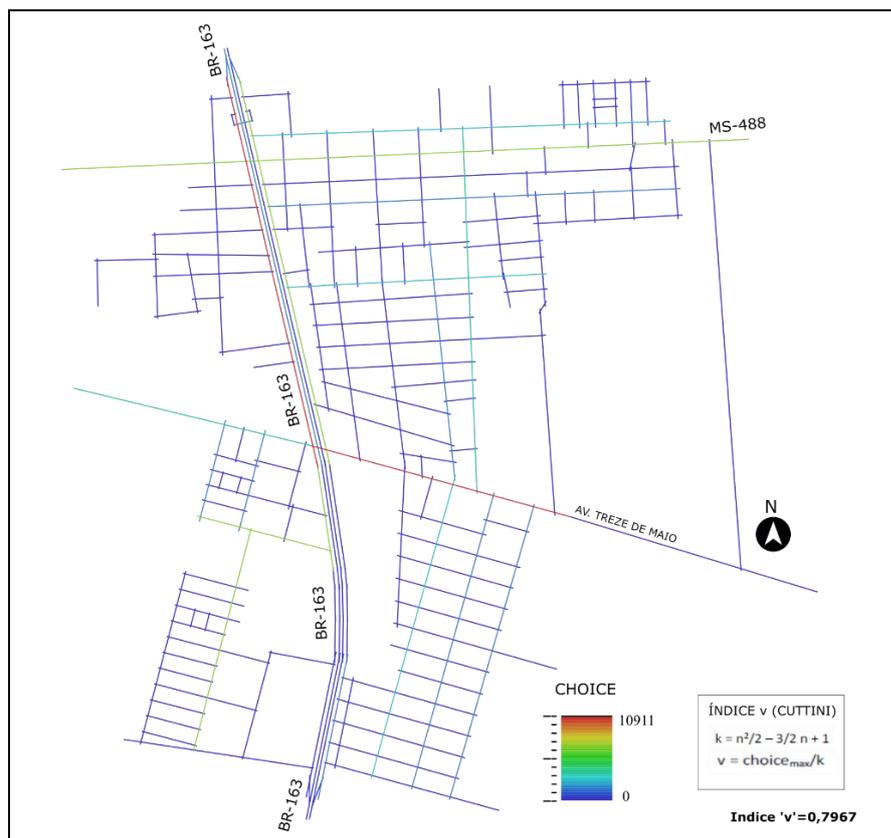


Figura 42 - Itaquiraí. Mapa axial / situação projetada – *Choice*.

#### 4.2.2.3 Sinergia

O valor para a sinergia, na situação original, na área urbana de Itaquiraí corresponde a 0,7317, (73%), o que significa que há uma alta correlação entre a integração global e a integração local, indicando correspondência entre as propriedades globais e locais do sistema. Lembra-se, para fins de comparação, que a média desta variável para as cidades brasileiras equivale a 36% (Medeiros, 2006). Este alto valor evidencia a característica do sítio: pequeno tamanho e malha regular.

A simulação, a partir do projeto de duplicação, mostra que o valor para a sincronia entre as integrações globais e locais diminui para 0,6448, (ou 64% das linhas). Mesmo que não seja uma grande redução, é possível visualizar nos gráficos extraídos do software *Depthmap* (fig. 43 e fig. 44) que na situação projetada – quando cotejada com a situação original - os pontos são mais esparsos afastando-se da linha de regressão. Considerando o objetivo do presente trabalho no sentido de avaliar a resiliência urbana e em consonância

com o método utilizado é possível inferir que, a partir da análise isolada da medida de sinergia, a situação original apresentava-se como um nível maior de resiliência urbana.

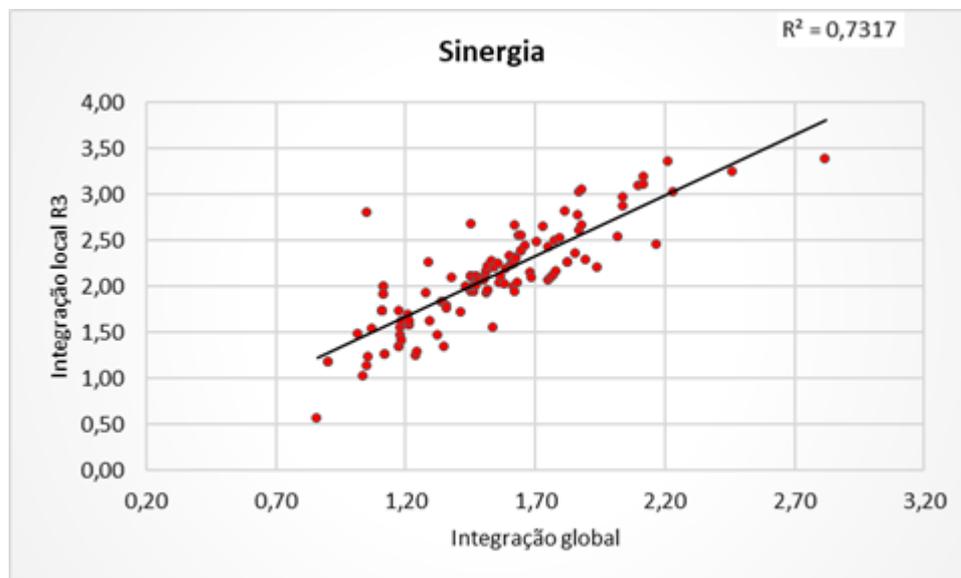


Figura 43 – Itaquiráí. Gráfico *Scatter plot* / situação original – Sinergia.

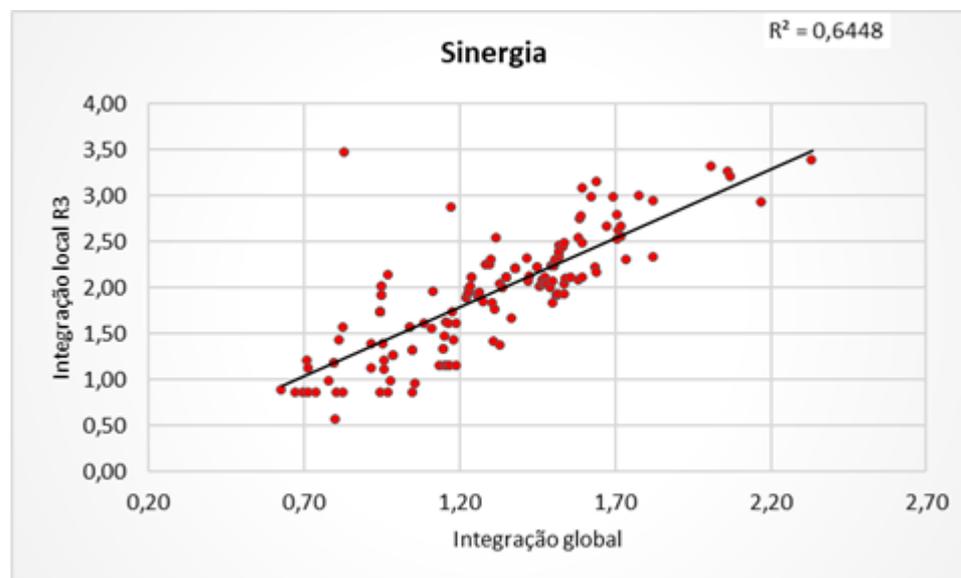


Figura 44- Itaquiráí. Gráfico *Scatter plot* / situação projetada – Sinergia.

Ao analisar os resultados dispostos na tabela 4, constata-se a alteração nos três parâmetros propostos. Seguindo o método proposto e sob a ótica da configuração espacial, a modificação nas três medidas (diminuição dos valores de conectividade média e sinergia; e o aumento do índice “v”) aponta para o aumento de vulnerabilidade do sistema em função da implantação da duplicação da rodovia.

Medida	Situação Original	Situação Projetada	%
Conectividade média	4,6143	4,2036	- 8,90
Índice 'v' - $choice_{max} / k$	0,7701	0,7967	+ 3,45
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,7317	0,6448	- 11,28

Tabela 4 - Valores referentes ao índice de resiliência urbana - Itaquiraí.

#### 4.2.2.4 Integração global

O próximo passo do trabalho foi avaliar o comportamento das principais medidas axiais no sistema estudado nos dois momentos distintos: antes e após a implantação da duplicação da rodovia.

A análise sintático-espacial na situação original do assentamento (fig. 45) demonstrou que a Rodovia BR-163, no trecho localizado ao norte da Avenida Treze de Maio, conforma-se em um eixo extremamente potente capturando a integração global do sistema com o valor de 2,8197 para esta variável, o qual pode ser considerado um valor elevado. O segundo eixo com maior valor é a própria Avenida Treze de Maio na porção leste do assentamento apresentando um valor de 2,4618 para a medida de integração global. Observa-se que, apesar destas vias possuírem elevados valores de integração, ambas possuem deflexões que - sob a ótica axial - interrompem a sua continuidade minorando estes valores. Hipoteticamente, caso não fossem verificadas tais deflexões os valores de integração destas vias tenderiam a ser maiores.

Ao analisar a cidade, observa-se que no trecho da rodovia de maior valor de integração ocorre a concentração de atividades comerciais que possuem como público-alvo principal os usuários da rodovia (hotéis, postos de combustíveis, oficinas mecânicas), mas existindo, também, atividades que visam atender aos moradores locais, como, por exemplo, padarias, farmácias, lojas de eletrodomésticos e vestuário. Tal achado corrobora a assertiva de que a configuração espacial é um importante vetor para compreender o uso e a ocupação do solo.

O valor médio da integração global do assentamento corresponde a 1,5095 e pode ser considerado um valor elevado quando cotejado com outros exemplares. Conforme estudo de Medeiros (2006) que avaliou os valores médios para esta variável, os sistemas mais integrados correspondem às cidades

estadunidenses (1,550), enquanto que as cidades brasileiras possuem um valor médio de 1,028 de integração global, sendo que dos exemplares nacionais estudados o sistema mais integrado foi o da cidade de Porto Velho/RO (1,458). Desta forma, Itaquirai possui valor consideravelmente superior à média das cidades brasileiras e ligeiramente inferior à média das cidades norte-americanas que - conforme já exposto – é o conjunto com maior integração no contexto mundial.

Explica este alto valor, a conjunção de pequeno sistema (140 linhas) e malha predominantemente ortogonal. Há que se considerar, ainda, que este valor sofre uma redução em função de duas circunstâncias: a inflexão que existe no sistema viário municipal que acompanha a curvatura da rodovia e gera descontinuidade em algumas vias; e a existência de alguns vazios urbanos, como por exemplo, o Bosque Municipal, que também ocasiona a descontinuidade dos eixos do sistema.

Analisando os resultados da análise sintática proveniente da incorporação do projeto de duplicação da rodovia (fig. 46) verifica-se que há uma mudança na configuração da variável integração. O valor médio da integração global diminui correspondendo a 1,3007, observa-se, entretanto, que este valor ainda é superior à média das cidades brasileiras estudadas por Medeiros (2006).

Além disso, a rodovia que na situação original tinha proeminência sobre os demais eixos perde esta condição. Com a duplicação ocorre a implantação de ruas laterais que acabam interceptando as vias perpendiculares a rodovia que, originalmente, estavam ligadas a ela. Assim, ocorre a segregação das duas pistas da rodovia duplicada com o restante do sistema viário local, tendo o controle de acessos, sendo estes em poucos pontos. Na nova configuração, há a formação de uma espécie de quadrilátero formado pelas vias mais integradas (linhas vermelhas e laranjas) com valores compreendidos entre 2,0081 e 2,3341, compostas por trechos das ruas laterais da Rodovia BR-163, Avenida Treze de Maio, e Rodovia MS-488 e Rua Benvinda Hernandez. Assim, os valores da medida de integração mais distribuídos nestes eixos, indicam um reforço da centralidade da área central do município.

As medidas da integração global verificadas na situação original e na situação projetada estão compiladas na tabela 5.

<b>Integração global</b>	Mínimo	Média	Máximo
Situação original	0,8591	1,5095	2,8197
Situação projetada	0,6291	1,3007	2,3341

Tabela 5 - Valores referentes a medida de integração global – Itaquiraí.

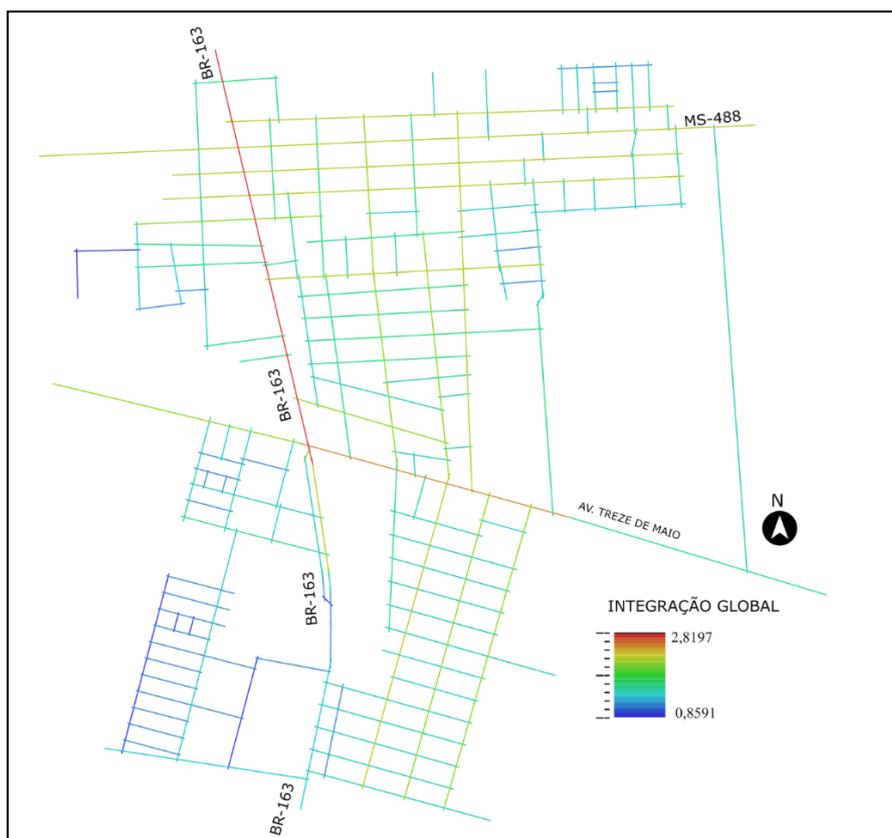


Figura 45 - Itaquiraí. Mapa axial / situação original – Integração global.

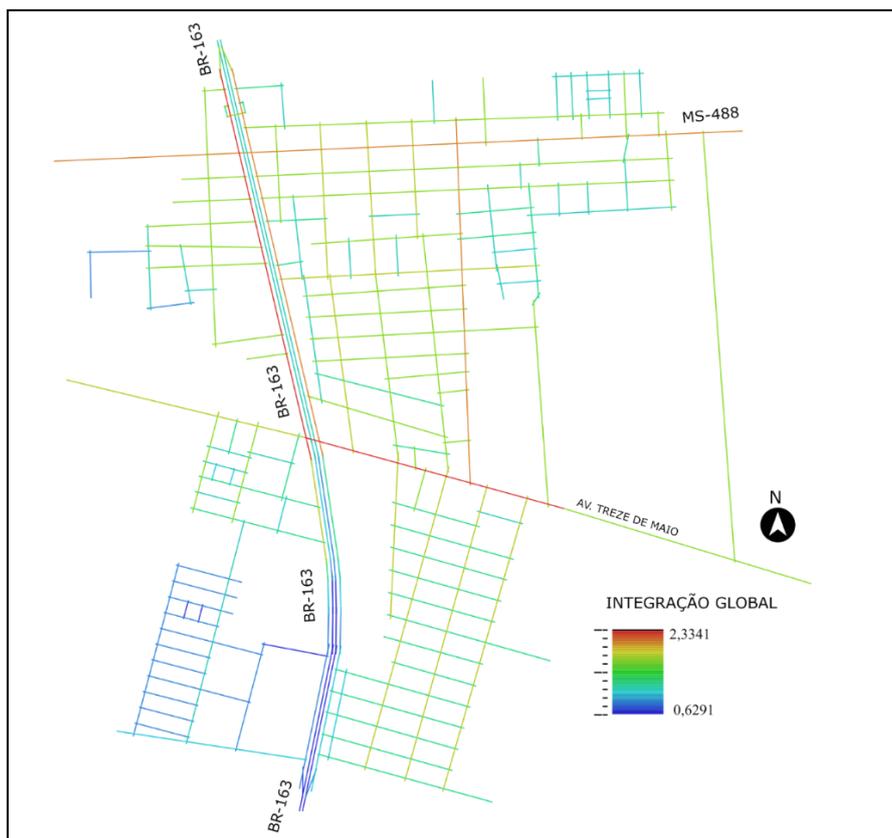


Figura 46 - Itaquiraí. Mapa axial / situação projetada – Integração global.

#### 4.2.2.5 Choice

A variável *choice* no mapa de segmentos apresenta as vias com maiores potenciais de escolha para o deslocamento dentro do sistema, indicando, portanto, eixos com maior possibilidade de fluxos. Na configuração original do assentamento os trechos com maior valor para esta variável são os relativos à Rodovia BR-163<sup>25</sup> (fig. 47). Tal resultado demonstra a natureza da rodovia como o grande eixo que concentra (e distribui) os fluxos locais, tratando-se da principal “avenida” da cidade. O maior valor (49078) refere-se ao trecho da rodovia localizado junto a Avenida Treze de Maio na porção central do assentamento. Ao passo que se afastam deste centro, os trechos da BR-163 vão diminuindo seus valores de *choice*.

Cabe anotar, ainda, que a convergência dos fluxos locais de pedestres e automóveis verificados na rodovia acabam proporcionando problemas com a

<sup>25</sup> Os 14 segmentos com maiores valores de integração correspondem a trechos da BR-163.

operação da rodovia ao se mesclar com os fluxos de veículos de longa distância que possuem características próprias.

Em um segundo momento foi efetuada a simulação utilizando-se o projeto de duplicação. Constatou-se a interrupção na rede de escolhas de movimento que comumente conectava os lados do assentamento separados pela rodovia, haja vista que, na nova situação, a transposição de um lado para outro da rodovia se dá em alguns poucos locais. Desta forma, o eixo com maior valor não está mais na rodovia, mas no trecho da Avenida Treze de Maio (56488) que transpõe a rodovia e que realiza a ligação entre um lado e outro da cidade na região central do assentamento (fig. 48).

Observa-se, com isso, que a implantação da duplicação da rodovia provocará uma alteração substancial na rede de escolhas do movimento e, por conseguinte, na própria dinâmica urbana de Itaquiraí.



Figura 47 - Itaquiraí. Mapa segmentado / situação original – Choice.

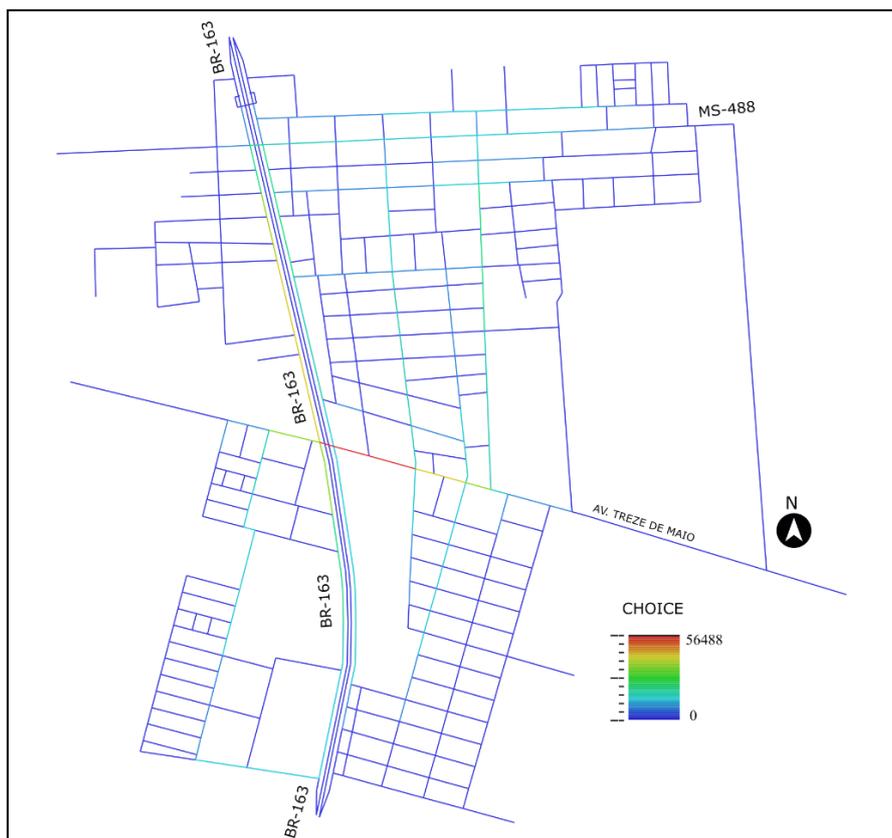


Figura 48 - Itaquiraí. Mapa segmentado / situação projetada – *Choice*.

As medidas choice (máxima e máxima normalizada) constatadas na situação original e na situação projetada estão compiladas na tabela 6.

	<b>Choice máxima</b>	<b>Choice máxima normalizada</b>
Situação original	49078	1,5717
Situação projetada	56488	1,5752
%	+15,10%	+0,22%

Tabela 6 – Valores referentes a medida de *Choice* – Itaquiraí.

### 4.3 Estudo de Caso 3 – Congonhas/MG

#### 4.3.1 Caracterização

A cidade de Congonhas está localizada no estado de Minas Gerais distante cerca de 70km de Belo Horizonte, e é atravessada pela Rodovia BR-040.

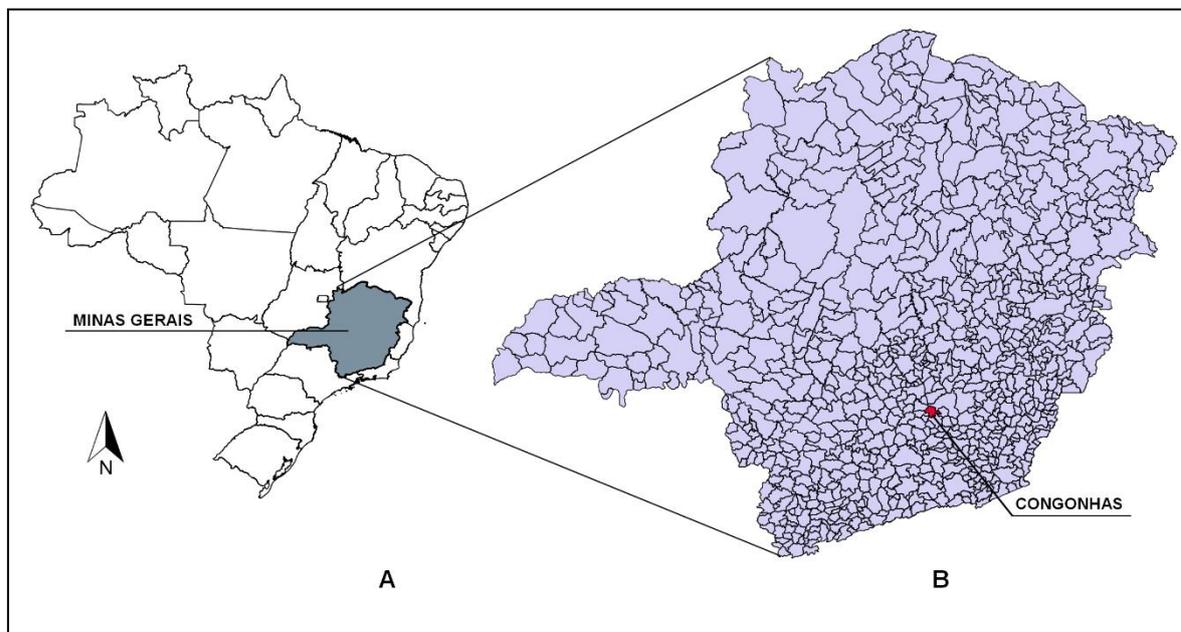


Figura 49 – Divisão em Estado do Brasil (A) e localização da cidade de Congonhas (B)

Em torno de 1700, portugueses povoaram a região em busca de ouro, estabelecendo núcleos populacionais às margens do Rio Maranhão. Congonhas emancipou-se politicamente em 1938. Originalmente o nome da cidade era Congonhas do Campo, com origem em arbusto abundante na região. Em 1948, foi promulgada lei com a simplificação da denominação passando a se chamar apenas Congonhas.

Congonhas abriga expressivo conjunto de obras barrocas do artista Aleijadinho. A igreja mais importante da cidade é o Santuário do Bom Jesus de Matosinhos, onde estão esculpidas em pedra-sabão e em tamanho real as imagens dos doze profetas, por isso Congonhas é conhecida também como “Cidade dos Profetas”. A construção do Santuário foi iniciada em 1757, passando por várias fases e em 1985 foi tombado pela UNESCO como patrimônio cultural da humanidade. O relevo é bastante ondulado e o assentamento é atravessado pelo Rio Maranhão. A população residente corresponde a 48.519

habitantes<sup>26</sup>, sendo que destes 47.253 ou 97% dos habitantes vivem na área urbana.



Figura 50 – Vista do Santuário do Bom Jesus de Matosinhos. Autor. Rogério Luz.

A malha da cidade de Congonhas é predominantemente irregular com muitas vias com conexão em “T” em função, principalmente, do terreno íngreme que faz com que o arruamento tenha que se conformar ao sítio. Além disso, a existência de barreiras como o trecho de ferrovia e o Rio Maranhão dentro do perímetro urbano contribui para a deformação da grelha. Esta deformação tem como causa principal a descontinuidade das linhas axiais ocasionadas pela presença de barreiras naturais (relevo e rio) e barreiras construídas (ferrovia), provocando a necessidade de várias mudanças de direção destas linhas e a existência de vias sem saída (fig. 51). Não obstante, novos loteamentos, de tamanho reduzido, são estruturados a partir de uma malha regular.

---

<sup>26</sup> Conforme dados do último censo de 2010. Em 2017 o IBGE estima que existem 53.843 habitantes em Congonhas.

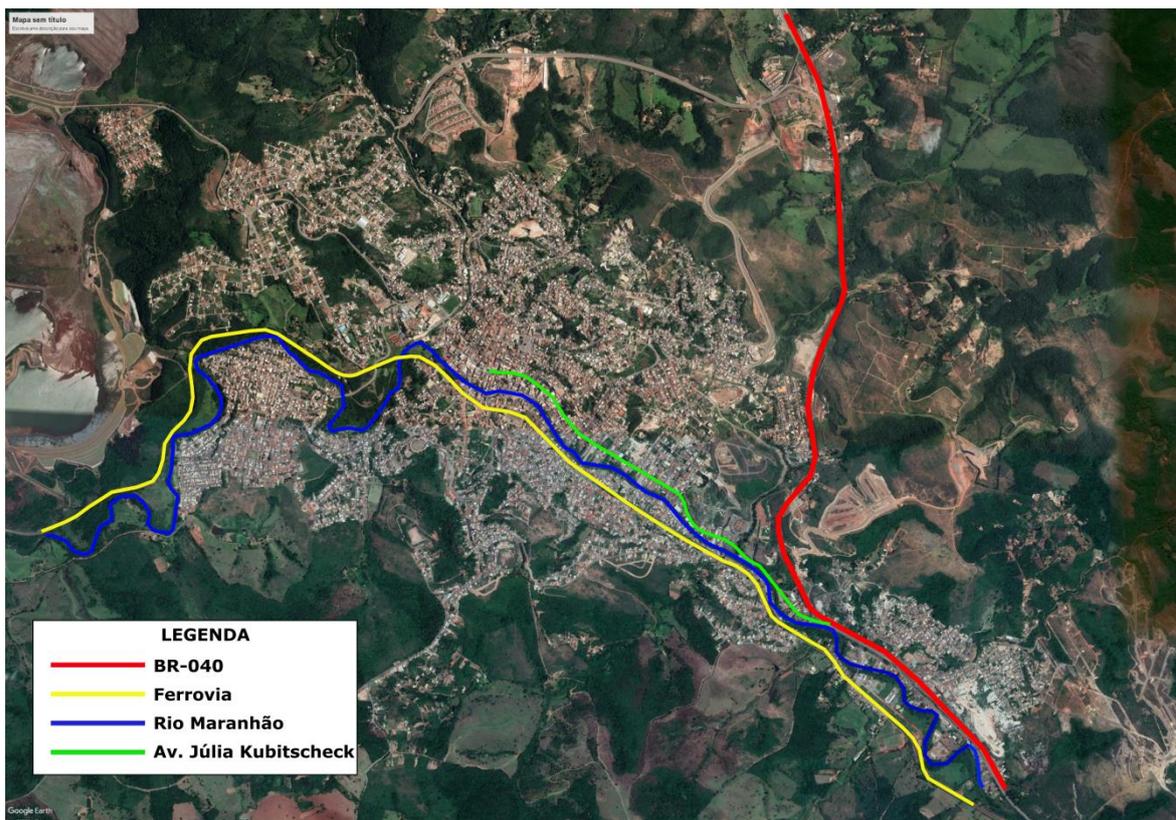


Figura 51 – Estrutura urbana de Congonhas/MG. Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

A BR-040 é uma importante rodovia radial que liga Brasília ao Rio de Janeiro e pode ser dividida em vários subtrechos. Congonhas está localizada no subtrecho Juiz de Fora-Belo Horizonte que corresponde, aproximadamente, ao traçado do “Caminho Novo” existente desde o século XVIII que foi retificado na década de 1930 e recebeu pavimentação asfáltica na segunda metade dos anos 1950. É de se observar, portanto, que o assentamento de Congonhas é anterior a implantação da rodovia propriamente dita. A travessia urbana de Congonhas corresponde a aproximadamente 6,00km da rodovia. De forma diversa do que se verifica na maioria dos casos a cidade surgiu antes da rodovia propriamente dita, tendo como elemento impulsionador da formação da cidade a busca pelo ouro da região. Além disso, a rodovia tem baixa conexão com o sistema espacial da cidade. A ligação principal da rodovia com o centro da cidade se dá por meio da Avenida Júlia Kubitschec (fig. 53). Entretanto, no ano de 2002 foi inaugurada a Avenida Michael Pereira de Souza que estabeleceu nova ligação com a rodovia, na parte norte do assentamento.

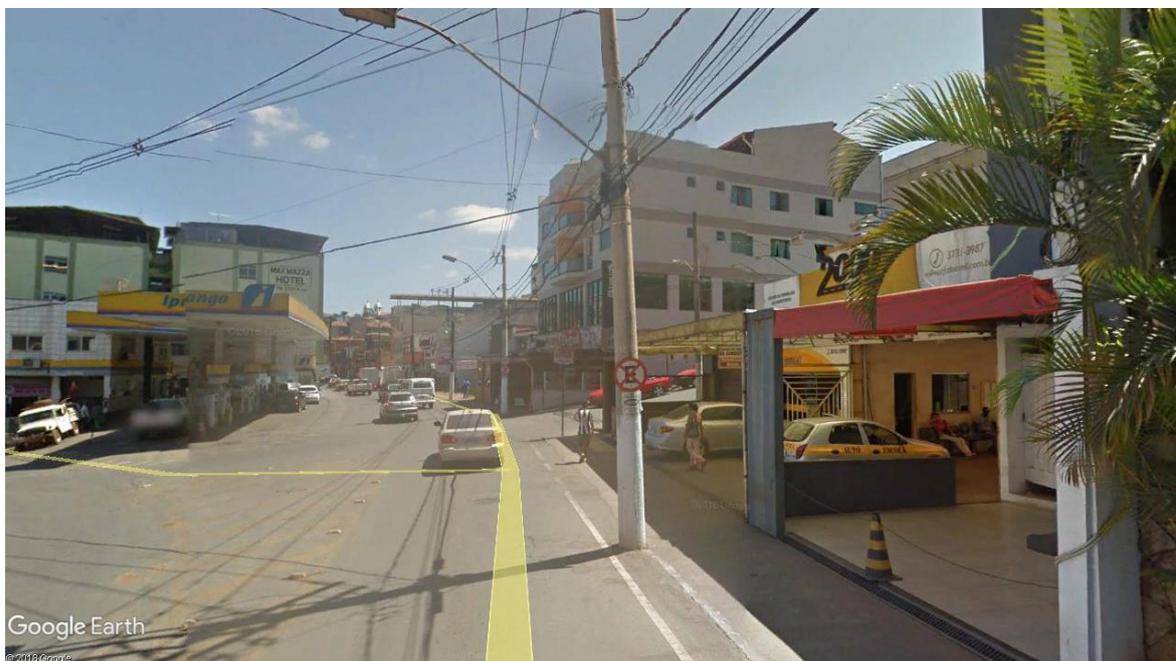


Figura 52 – Avenida Júlia Kubitscheck. Principal ligação do centro histórico de Congonhas com a rodovia. Fonte: *Google earth*.

O estudo focou no perímetro urbano de Congonhas, cujo mapa axial, composto por 1.778 linhas, foi desenhado a partir de base cartográfica obtida junto a Prefeitura Municipal.

Ao longo da travessia urbana de Congonhas, na situação original já existiam duas passagens inferiores, o projeto de implantação da duplicação da rodovia previu outros dispositivos de transposição transversal a rodovia, com a inclusão de três passarelas e uma passagem inferior (fig. 54).

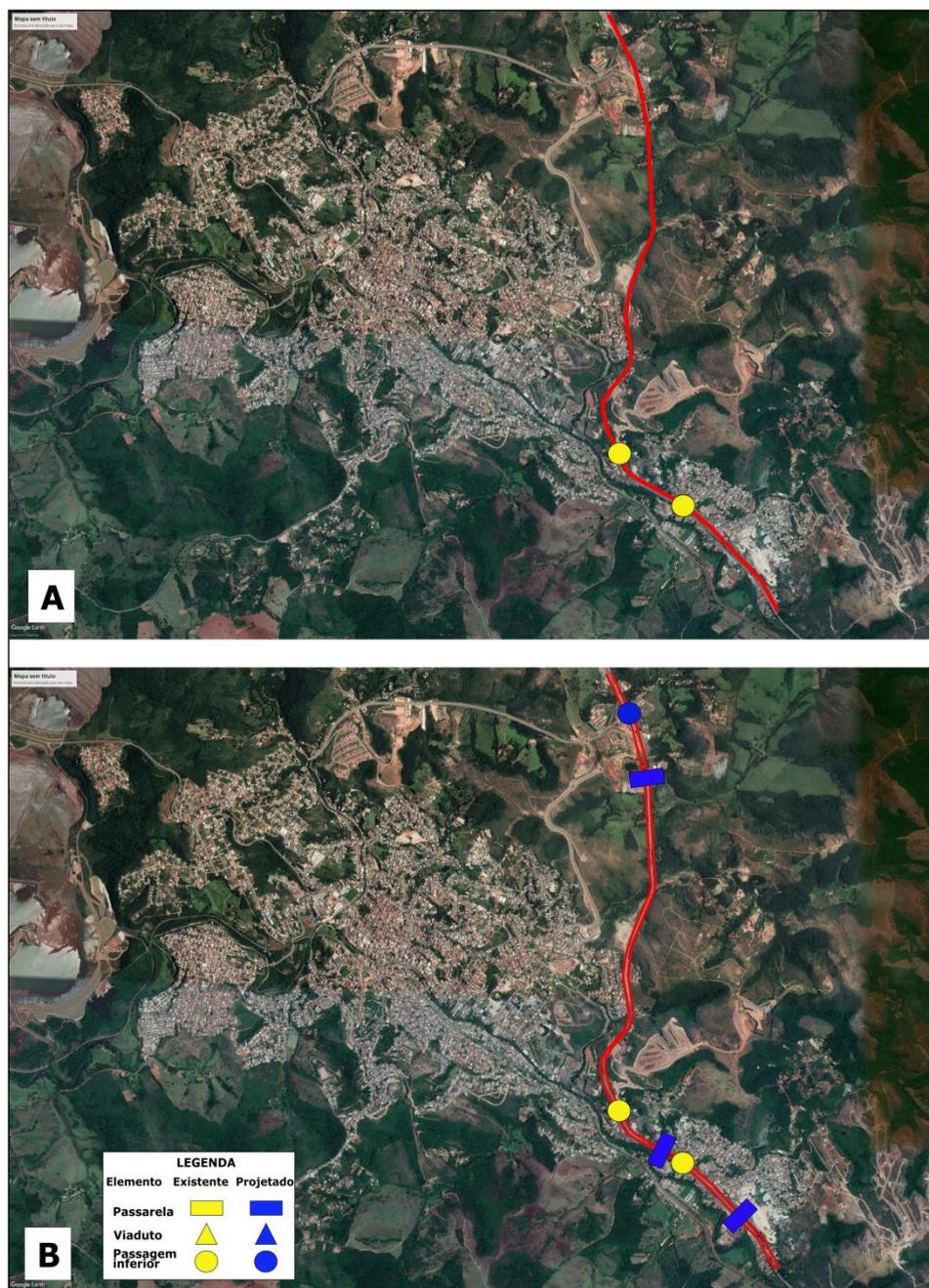


Figura 53 – Congonhas. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

### 4.3.2 Análise sintática

#### 4.3.2.1 Conectividade média

A linha axial com maior conectividade corresponde a Avenida São João Del Rei, localizada em uma ocupação mais recente do que o núcleo original do assentamento, cuja área caracteriza-se pelo formato de grelha. Observa-se que o

eixo de maior conectividade não coincide com as linhas de maior comprimento, contrariando uma tendência natural de correlação entre estas duas medidas. Tal fato se deve pelas características de organicidade (irregularidade) da malha urbana em função da adaptação da malha viária ao sítio.

Na situação original encontra-se um valor de 2,8942 para a variável de conectividade média, o que configura um valor baixo, sendo, inclusive, consideravelmente menor do que o valor médio encontrado nas cidades brasileiras (3,9 conexões por linhas) (fig. 55). Relembrando que valores baixos desta medida indicam a forma irregular da malha com eixos que não atravessam grandes porções do sistema e com o predomínio de cruzamentos do tipo “T” e “L”, onde as linhas são interrompidas ao alcançar outras perpendiculares a elas. Também podem configurar um conjunto de sequência espacial linear onde uma linha se conecta apenas com a anterior e a posterior (conectividade=2). Constata-se ainda, na malha de Congonhas, a grande quantidade de “pontas de sistema” ou “vias sem saída” (conectividade=1) que afetam o resultado, acarretando o valor baixo da conectividade média.

A implantação do projeto de duplicação e a consequente interrupção das vias transversais à rodovia e a construção de novos dispositivos para a transposição da rodovia resultam em um aumento das linhas axiais do sistema de 1778 para 1826 linhas.

Nessa circunstância, ocorre uma diminuição ínfima na variável de conectividade média, alcançando um valor correspondente a 2,8894 conexões por linha, que representa uma diminuição de apenas 0,17%. Assim, para esta variável a implantação da duplicação da rodovia não ocasiona mudanças relevantes. Pode-se explicar este achado em razão do tamanho do sistema e do grande número de linhas e também pela localização da rodovia e sua relação com a malha viária do assentamento na sua totalidade (fig. 56).

Assim, com vistas ao objetivo do trabalho, e a análise do comportamento da resiliência urbana do sistema a partir da construção da duplicação da rodovia, em uma análise isolada da variável de conectividade média, pode-se afirmar que a alteração se mostrou irrelevante, não alterando o nível de resiliência do assentamento.



Figura 54 - Congonhas. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade.

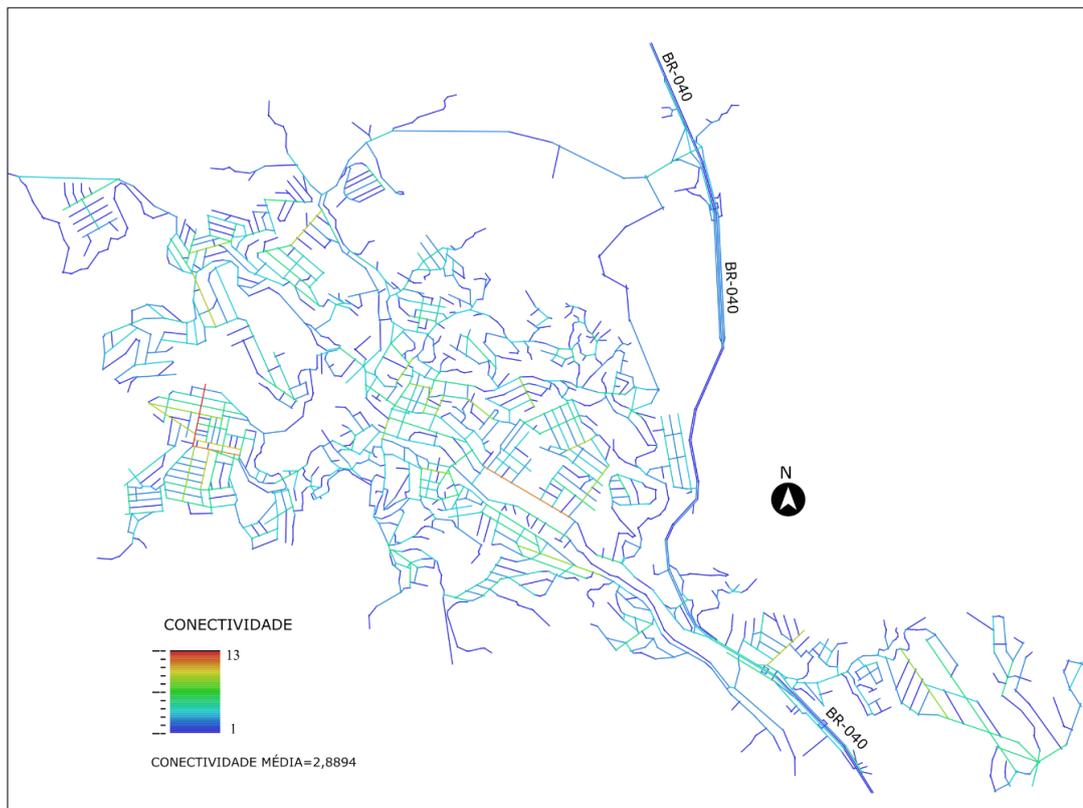


Figura 55 – Congonhas. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade.

#### 4.3.2.2 Índice “v”

Para o cálculo do índice “v”, na situação original foi utilizado o valor de  $choice_{max}$  de 1084509 para um total de 1778 linhas, o que resultou em um valor de 0,6873 para esta variável. Quando utilizados os dados referentes a situação projetada com a rodovia duplicada ( $choice_{max} = 1117042$  e  $n = 1826$  linhas) o índice “v” equivale a 0,6711, o que pouco diferencia da situação original. Contudo, com base no método proposto por Cutini (2013) os resultados para este índice indicam que a partir da implantação da duplicação da rodovia o sistema ficaria mais resiliente para mudanças abruptas.

Observa-se nas figuras 57 e 58 que a linha axial que corresponde ao maior valor (cor vermelha) é a referente a Rua Marechal Floriano que é uma espécie de continuação do trecho da Avenida Júlia Kubitscheck que faz a ligação do centro de Congonhas com a rodovia, e que possui altos valores para a medida de  $choice$ . Observa-se ainda, que da região central do assentamento, nas proximidades da Rua Marechal Floriano partem eixos com valores consideráveis de  $choice$  (cor verde clara) em direção à periferia, constituindo-se vias com maior hierarquia dentro do sistema.

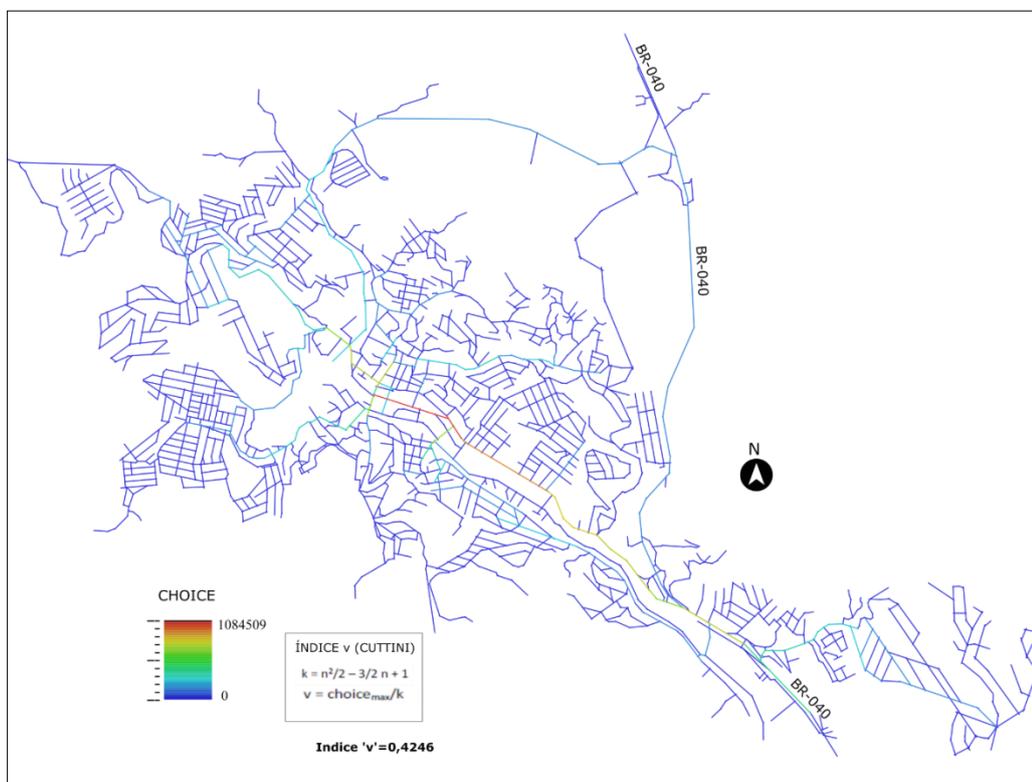


Figura 56 – Congonhas. Mapa axial / situação original – Choice.

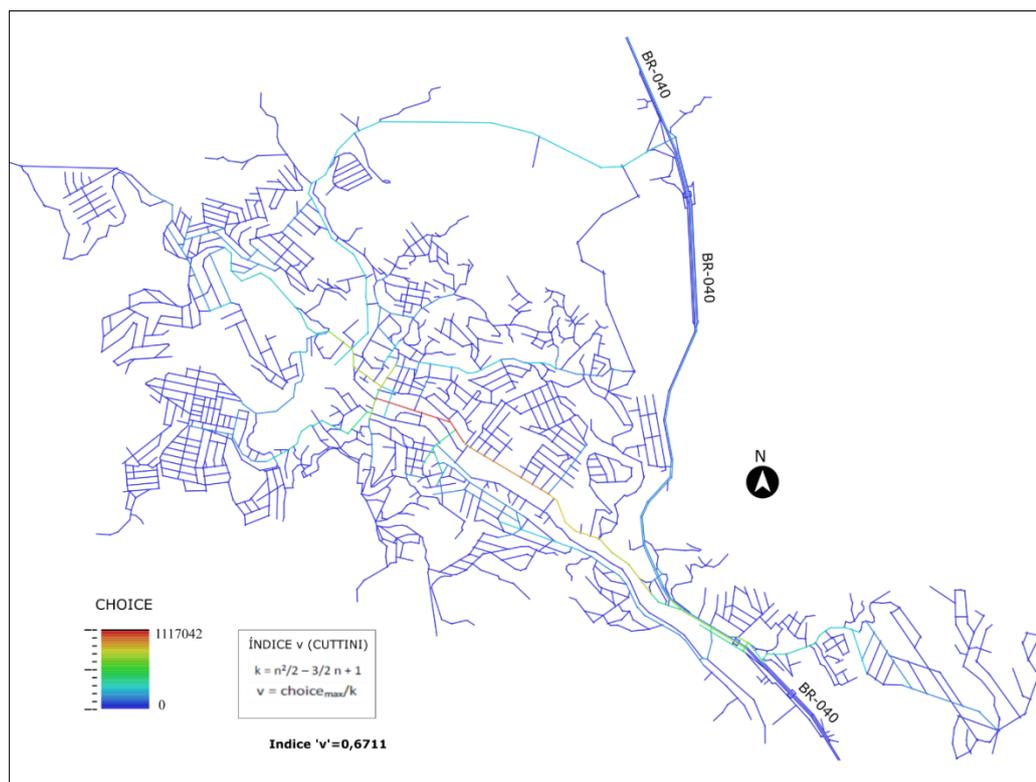


Figura 57 – Congonhas. Mapa Axial / situação projetada – *Choice*.

#### 4.3.2.3 Sinergia

A sinergia, terceira medida que compõe o método utilizado, para a situação anterior à duplicação resultou em um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) equivalente a 0,1001 ou 10%, o que significa uma baixa correlação entre as propriedades globais e locais do sistema<sup>27</sup>. Explica-se este valor em consequência do tamanho considerável do sistema (1778 linhas) e pela característica da malha urbana com uma acentuada organicidade, onde o sistema viário teve que se adaptar ao relevo irregular do sítio e pela expansão descontínua no tempo e no espaço, o que gerou uma fragmentação na forma do sistema.

Na situação projetada a sinergia do assentamento diminuiu para 0,0937, (ou 9% das linhas) o que demonstra um pequeno decréscimo desta medida quando comparada com a situação original, permanecendo uma baixa sincronia entre a

<sup>27</sup> Para exemplificar: a média desta variável para as cidades brasileiras equivale a 36%, nas cidades latino-americanas é igual a 55% e nas norte-americanas alcançam 71%. (Medeiros, 2006)

integração global e a integração local. Em ambos os casos é possível identificar nos gráficos (fig. 59 e fig. 60) que os pontos estão dispersos, distanciando-se da linha de regressão.

Para fins de resiliência urbana, poder-se-ia considerar que há um encolhimento nos níveis de resiliência do sistema. Entretanto, considerando a ínfima diferença entre as medidas, é possível concluir que não há impactos significativos na configuração espacial da malha viária da cidade.

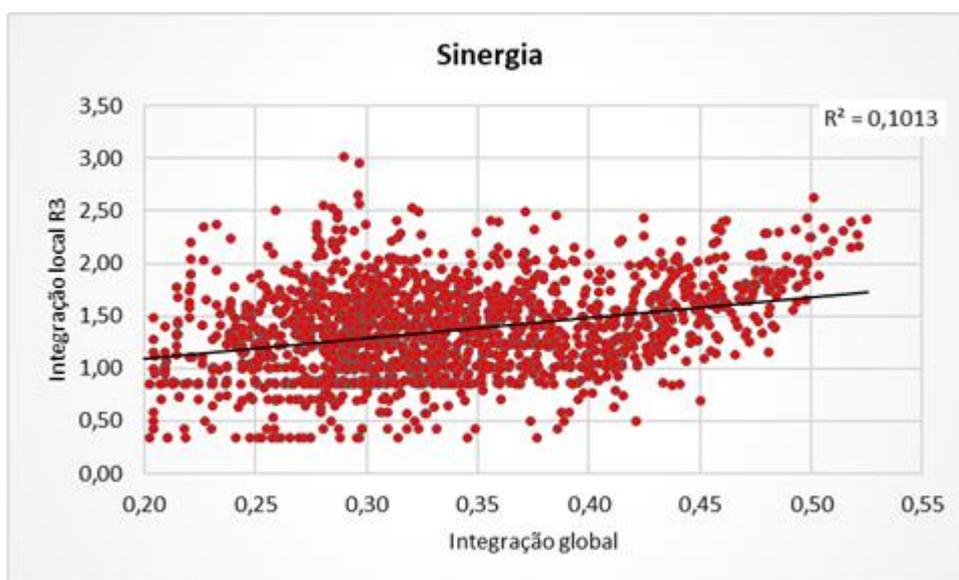


Figura 58 – Congonhas. Gráfico *Scatter plot* / situação original – Sinergia.

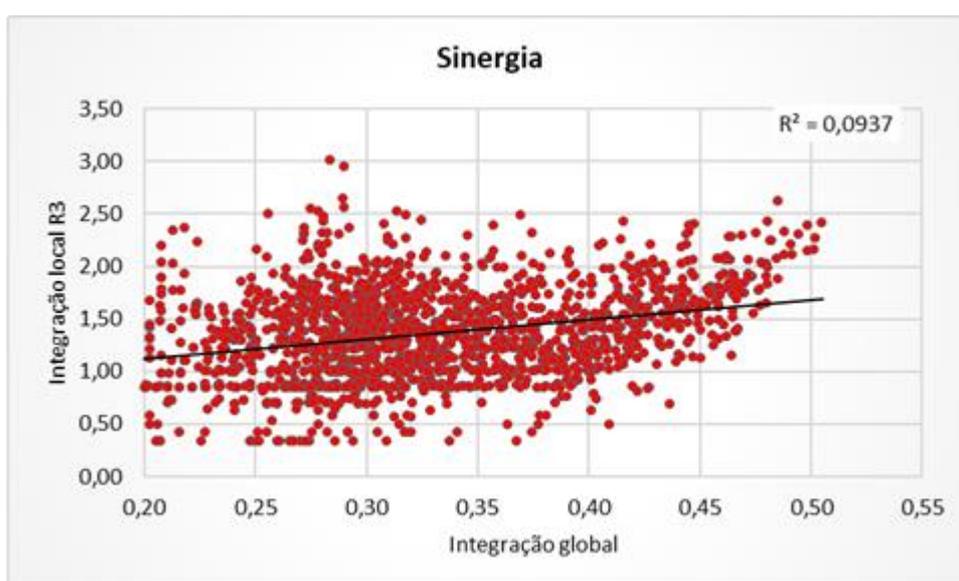


Figura 59 – Congonhas. Gráfico *Scatter plot* / situação projetada – Sinergia.

A tabela 7 compila os valores aferidos das três variáveis propostas por Cutini para a avaliação das condições de resiliência urbana:

<b>Medida</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Situação Projetada</b>	<b>%</b>
Conectividade média	2,8943	2,8894	- 0,17
Índice 'v' - $choice_{max} / k$	0,6873	0,6711	- 2,36
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,1001	0,0937	- 6,79

Tabela 7 – Valores referentes aos índices de resiliência urbana – Congonhas.

Em uma primeira análise dos valores encontrados, identifica-se que ocorreram pequenas variações nas medidas utilizadas. Conforme já exposto, entende-se que isso ocorre em função do tamanho considerável do sistema que tende a atenuar as alterações em partes pontuais deste sistema e, também, por conta da localização da rodovia no sistema viário da cidade, onde nota-se que não há ocupação do solo em grande parte da travessia urbana. Assim, a ligação da rodovia com o sistema viário municipal ocorre em poucos locais, de forma que a duplicação da rodovia possui um impacto bastante diminuto – para não dizer insignificante – no que tange a resiliência urbana do assentamento.

#### 4.3.2.4 Integração global

Os espaços de maior integração da cidade de Congonhas correspondem ao núcleo inicial e histórico da cidade com uma deformação em direção ao sudeste, acompanhando o eixo da Avenida Júlia Kubitscheck, que faz a ligação mais importante deste núcleo com a Rodovia BR-040.

A partir deste núcleo central a ocupação da área urbana de Congonhas passa a ser mais fragmentada, principalmente pelas características topográficas do terreno e por barreiras promovidas pela presença do Rio Maranhão e de ramal ferroviário que cruzam parte da área urbana do assentamento.

Percebe-se a disparidade do núcleo central de integração com as expansões recentes da cidade que são espacialmente fragmentadas e que, sob a ótica configuracional, produzem espaços mais profundos. As maiores segregações encontram-se nos loteamentos mais recentes e que estão

localizados a oeste e a sudeste do sistema. Nestes locais verifica-se uma relação frágil com o núcleo central integrador.

As vias com maiores valores de integração concentram as atividades comerciais e de serviço atraídas pelo movimento originado pela configuração espacial. As atrações turísticas e suas atividades relacionadas também estão localizadas nestes segmentos mais integrados haja vista que, conforme já dito, o núcleo histórico inicial da cidade corresponde à área central mais integrada.

A organicidade da malha viária e o número considerável de eixos de Congonhas fazem com que esse sistema tenha valores relativamente baixos nesta variável. O assentamento possui integração global média de 0,3324, bem abaixo, portanto, da média das cidades brasileiras estudadas por Medeiros (2006) que possuem um valor médio de integração global igual a 0,764. Observa-se que o valor de 0,3324 encontrado em Congonhas é semelhante à média de integração global de Porto Alegre que equivale a 0,350. Entretanto, oportuno anotar que enquanto a capital gaúcha possui 11.062 linhas, Congonhas possui apenas 1.778 linhas, o que ressalta o baixo nível de integração<sup>28</sup>.

Esse fraco desempenho do sistema no que diz respeito à integração global pode ser atribuído às feições naturais do local onde o assentamento está implantado e ao processo de expansão empreendido, onde se verifica a descontinuidade da malha urbana e a conseqüente fragmentação espacial, com a formação de alguns núcleos dispersos.

É visível, também, que a travessia urbana da BR-040 está localizada em um setor pouco integrado da malha urbana, não se incorporando às áreas de maior integração. Igualmente, a rodovia não intercepta grandes eixos axiais. Diante disso, verifica-se que a implantação do projeto de duplicação não produz alterações relevantes nos valores desta variável, permanecendo, praticamente, as condições originais.

---

<sup>28</sup> Conforme Medeiros (2006), sistemas menos integrados tendem a ser aqueles com maior quantidade de eixos e com traçado mais irregular.

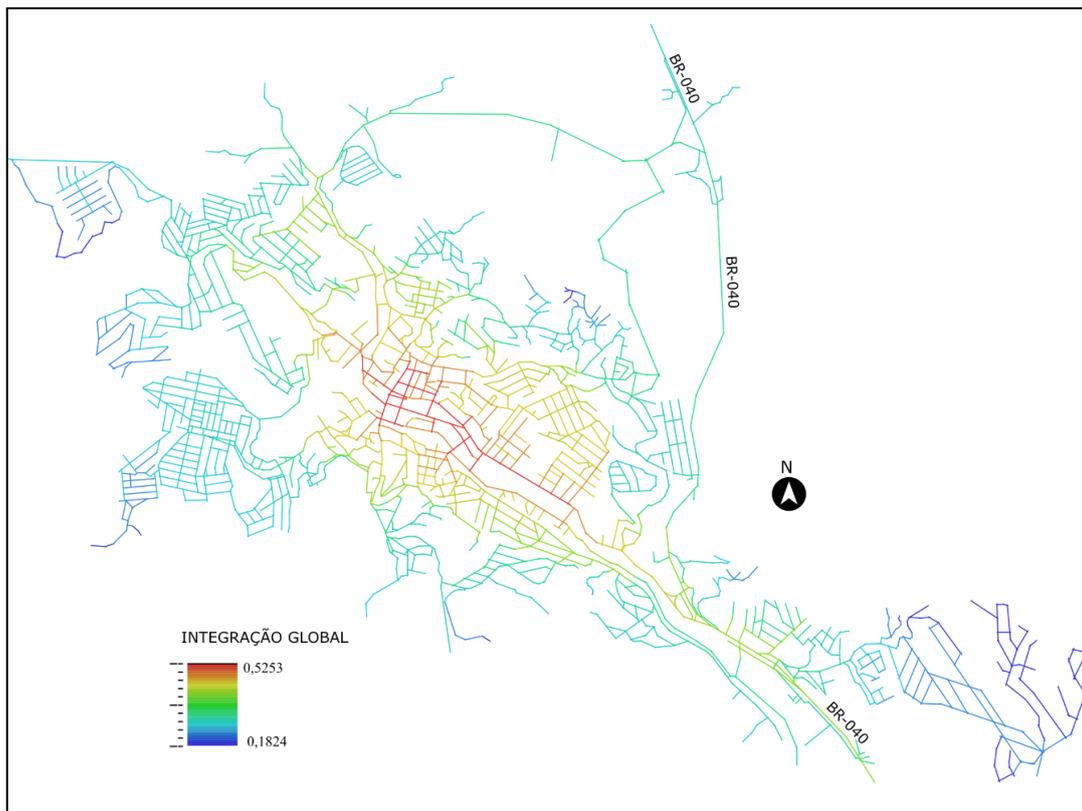


Figura 60 - Congonhas. Mapa axial / situação original – Integração global.

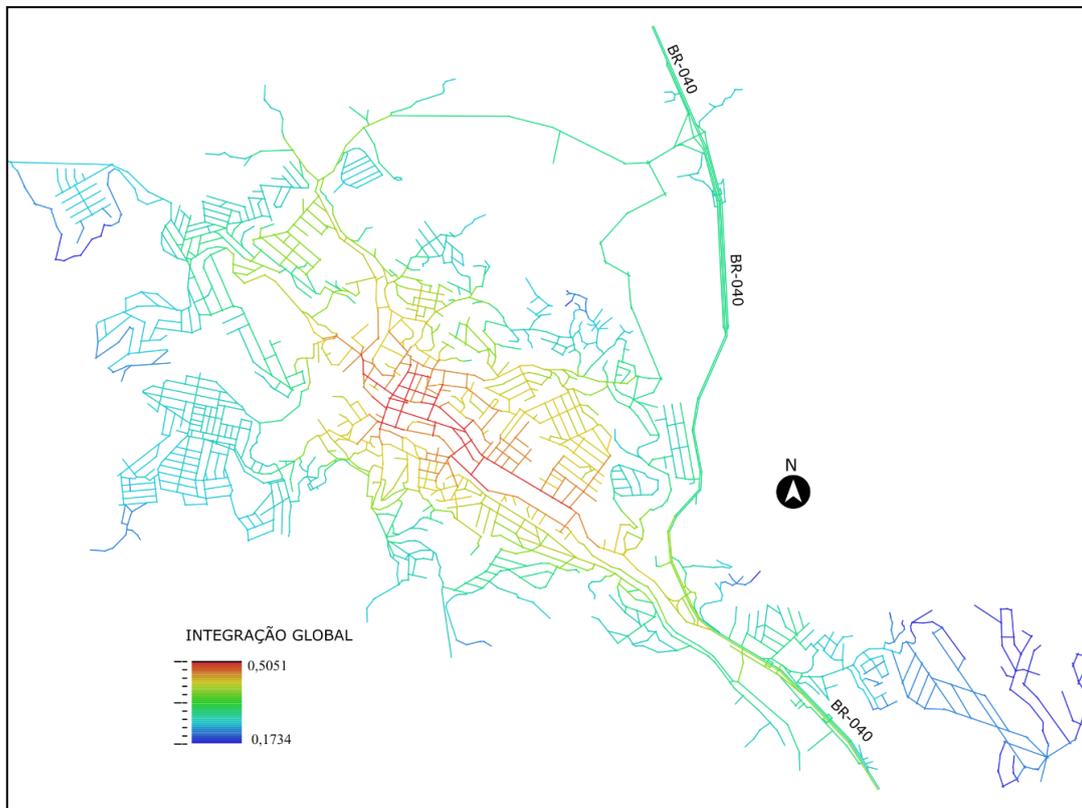


Figura 61 - Congonhas. Mapa axial / situação projetada – Integração global.

As medidas da integração global verificadas nas duas simulações realizadas para o município de Congonhas, estão dispostas na tabela 8.

<b>Integração global</b>	Mínimo	Média	Máximo
Situação original	0,1824	0,3324	0,5253
Situação projetada	0,1734	0,3241	0,5051

Tabela 8 – Valores referentes a medida de integração global – Congonhas.

#### 4.3.2.5 *Choice*

A medida de *choice* em um mapa segmentado possui a valência de mostrar questões ligadas à hierarquia viária. Em uma análise do gráfico de *choice* na situação original do sistema é possível visualizar a existência de um eixo realçado que conecta o núcleo integrador central com a Rodovia (linhas nas cores vermelha, laranja e amarela). Trata-se de um caminho que possui algumas inflexões, mas que constitui, substancialmente, de uma mesma via, a Avenida Julia Kubitscheck. Ao longo desta via, como esperado, é nítida a concentração de estabelecimentos comerciais e de serviços. Lembrando que estas atividades tendem a buscar locais onde verifica-se considerável fluxo de pessoas (Zampieri, 2012; Maciel, 2018). Desta forma, com os resultados obtidos pela análise sintática, confirma-se que a configuração espacial dos assentamentos influencia diretamente no movimento de pessoas e conseqüentemente no uso e ocupação do solo. Além deste eixo, há um segundo conjunto de vias que se destacam quanto a medida de *choice*. São as linhas que no mapa apresentam a cor azul claro e que partem do núcleo central da cidade ou do eixo com maior valor de *choice* em direção a periferia da cidade, servindo de vias ligação da área central com os loteamentos implantados mais recentemente e sendo responsáveis por estas ligações globais no sistema (fig. 63).

Também é possível confirmar que a medida de *choice* tem um caráter altamente hierárquico, onde um conjunto pequeno de linhas possui valores elevados, em contrapartida da maioria das linhas que exhibe pequenos valores para esta variável, denotando o algo grau de dependência nos movimentos de origem/destino.

Conforme se depreende do mapa da figura 64, a duplicação da rodovia pouco alterou a situação da variável de *choice*. Continuou-se a verificar o eixo da Av. Julia Kubitscheck sobressaindo-se no sistema viário bem como nas outras vias que estruturam os deslocamentos dentro da cidade. A relação de origem/destino do sistema não está estruturado em função da rodovia, o que pode ser considerado positivo para a cidade. O aumento dos valores médio e máximo da variável na situação projetada relaciona-se, fundamentalmente, ao aumento do número de linhas do assentamento. Observa-se que o relevo acidentado reduz as possibilidades de rotas e trajetos entre qualquer par de do tipo origem e destino.

As medidas da *choice* verificadas na situação original e na situação projetada estão compiladas na tabela 9.

	<b>Choice máxima</b>	<b>Choice máxima normalizada</b>
Situação original	4525633	1,4599
Situação projetada	4813408	1,5060
%	+6,36%	+3,16%

Tabela 9 – Valores referentes a medida de *Choice* – Congonhas.



Figura 62 - Congonhas/MG. Mapa segmentado / situação original – *Choice*.

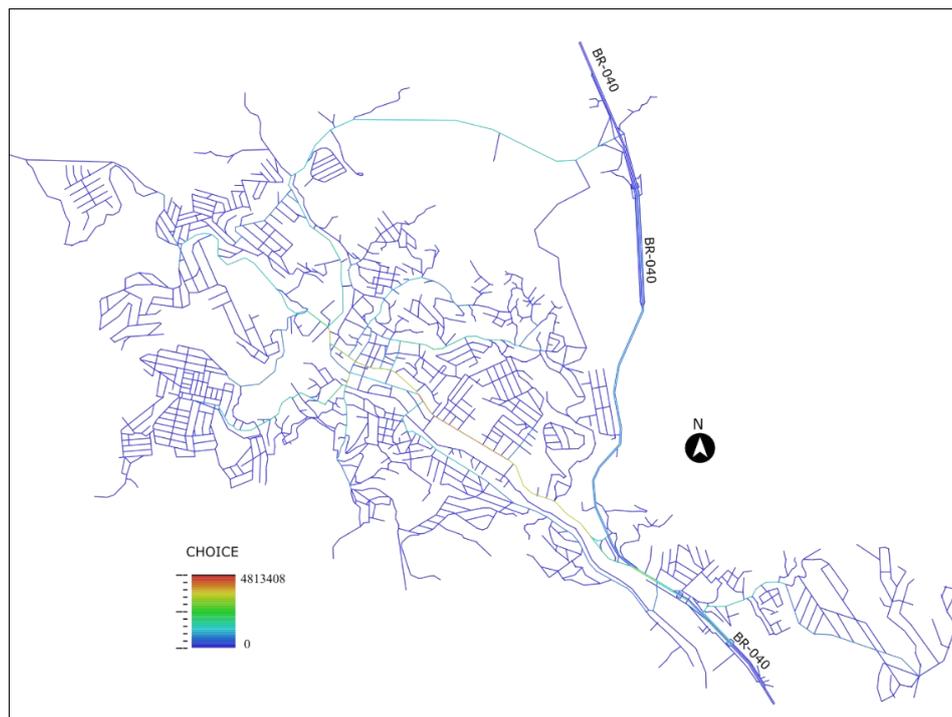


Figura 63 - Congonhas/MG. Mapa segmentado / situação projetada – Choice.

#### 4.4 Estudo de Caso 4 – Fazenda Rio Grande/PR

##### 4.4.1 Caracterização

O município de Fazenda Rio Grande compõe a Região Metropolitana de Curitiba no estado do Paraná, distando aproximadamente 25 km da capital paranaense. O município é atravessado pelo trecho paranaense da BR-116, rodovia que liga a Região Sul com o restante do país.

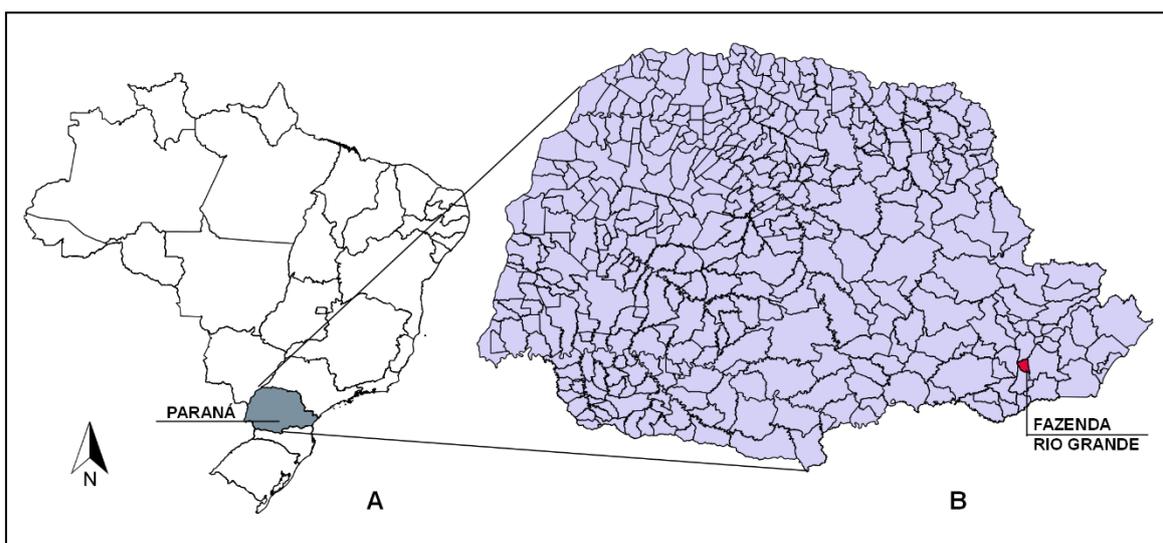


Figura 64 - Divisão em Estado do Brasil (A) e localização da cidade de Fazenda Rio Grande (B)

Inicialmente a região onde está localizado o município de Fazenda Rio Grande era habitada pelos índios. No século XVIII foi constituída a Fazenda Rio Grande – que veio a dar nome ao município – que tinha como atividade principal a criação de cavalos de raça. A partir do final dos anos 50 iniciou-se o loteamento daquele local, que tem papel de relevância no expansionismo industrial e populacional de Curitiba. No início dos anos 1990 foi elevado à categoria de município emancipado, desmembrando-se do município de Mandirituba/PR. A grande disponibilidade de terras e a proximidade com a capital fez com que houvesse um grande crescimento na ocupação do município, com muitas pessoas que trabalham em Curitiba optando por morar em Fazenda Rio Grande, de forma que esta pode ser designada como uma “cidade-dormitório”. Atualmente, entretanto, verifica-se um processo de instalação de indústrias na região, aproveitando-se da localização privilegiada.

Seu relevo é predominantemente plano, com alguns pontos com suave ondulação. Fazenda Rio Grande possui, de acordo com o Censo de 2010, 81.675 habitantes<sup>29</sup>, sendo que destes, 75.940 ou 93% residiam na área urbana do município.

O sistema urbano de Fazenda Rio Grande pode ser caracterizado, de certa forma, pelo que Medeiros (2006) denominou “colcha de retalhos”, isto é, a composição “*de variadas grelhas sem uma articulação efetiva interpartes*” (fig. 66). Tal fenômeno pode ter sido maximizado em função do acelerado crescimento apurado nas últimas décadas. Além disso, verifica-se em Fazenda Rio Grande a ocorrência de condomínios fechados horizontais<sup>30</sup>, que provoca a fragmentação espacial no sistema.

---

<sup>29</sup> . Em 2017 o IBGE estima que existam 95.225 habitantes em Fazenda Rio Grande. Cabe anotar, ainda, que o município possui altas taxa de crescimento demográfico, como exemplo, cita-se o período de dez anos compreendido entre os censos de 2000 e 2010, quando ocorreu um crescimento da ordem de 30% da população.

<sup>30</sup> Lembra-se que neste trabalho as linhas correspondentes ao sistema viário interno dos condomínios fechados horizontais não foram representadas.

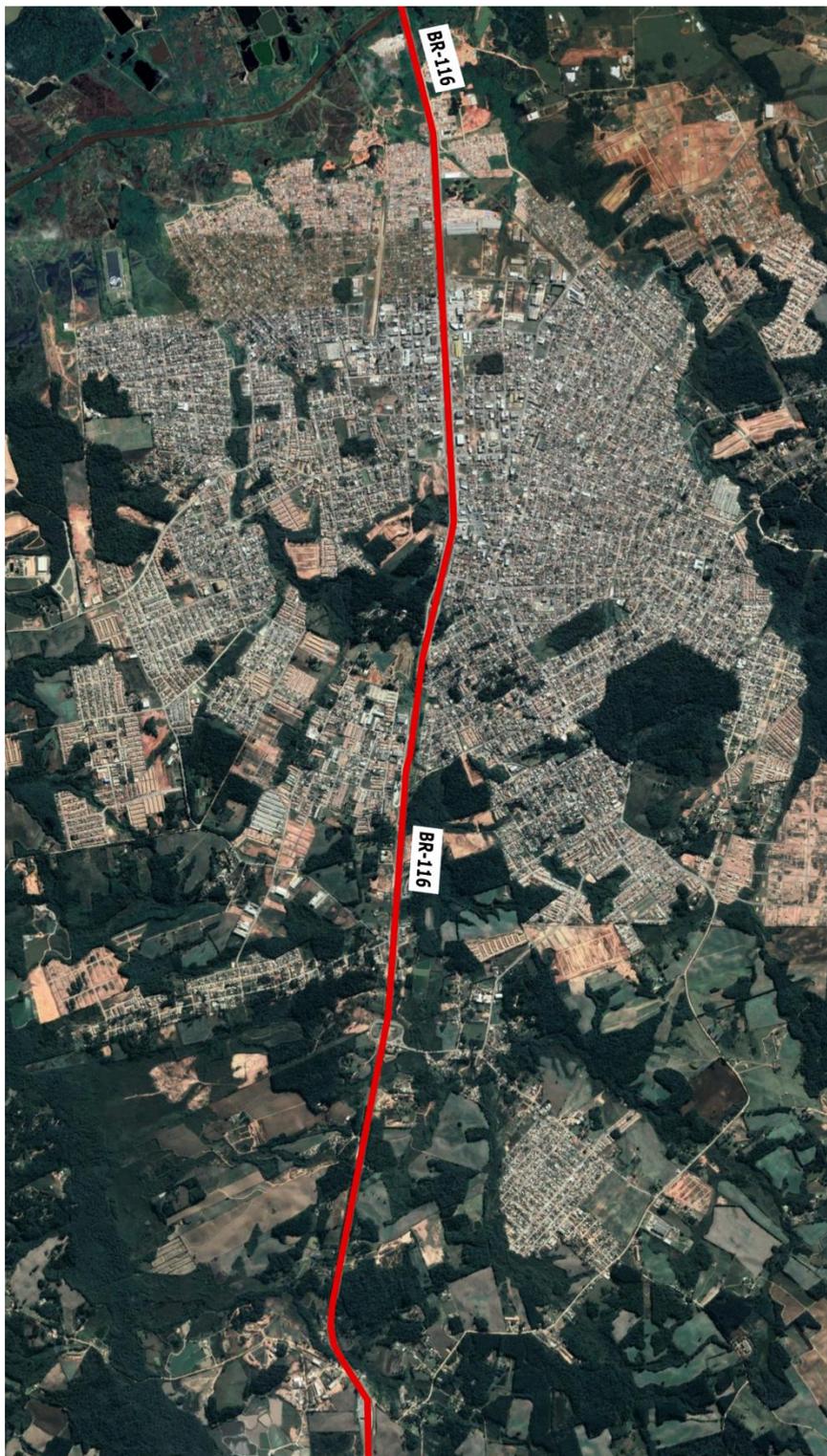


Figura 65 – Estrutura urbana de Fazenda Rio Grande/PR. Fonte: o autor sobre imagem do Google earth.

A BR-116 é considerada a principal rodovia brasileira, iniciando na cidade de Fortaleza/CE e tendo o seu término na cidade de Jaguarão/RS, mais precisamente na Ponte Internacional Barão de Maúa que liga o Brasil com o Uruguai. Ela é, também, a maior rodovia totalmente pavimentada brasileira com mais de 4.500km de extensão, passando por mais de 10 estados, e, juntamente com a BR-101, é a principal ligação da Região Sul com o restante do Brasil. A extensão da travessia urbana de Fazenda Rio Grande corresponde a aproximadamente 10,00km, sendo que as áreas contíguas mais densas estão localizada na fração norte e as obras de duplicação da rodovia já estão sendo executadas (fig. 67). Este trabalho aborda a área urbana de Fazenda Rio Grande que é composta por 1717 linhas axiais.



Figura 66 – Vista de trecho já executado da travessia urbana de Fazenda Rio Grande. Fonte: *Google earth.*

Na situação original, com pista simples, já existia uma passagem inferior para realizar a ligação entre um lado e outro da rodovia, o projeto de duplicação da rodovia previu outros dispositivos, com a inclusão de três passarelas, um viaduto e duas passagens inferiores (fig. 68).

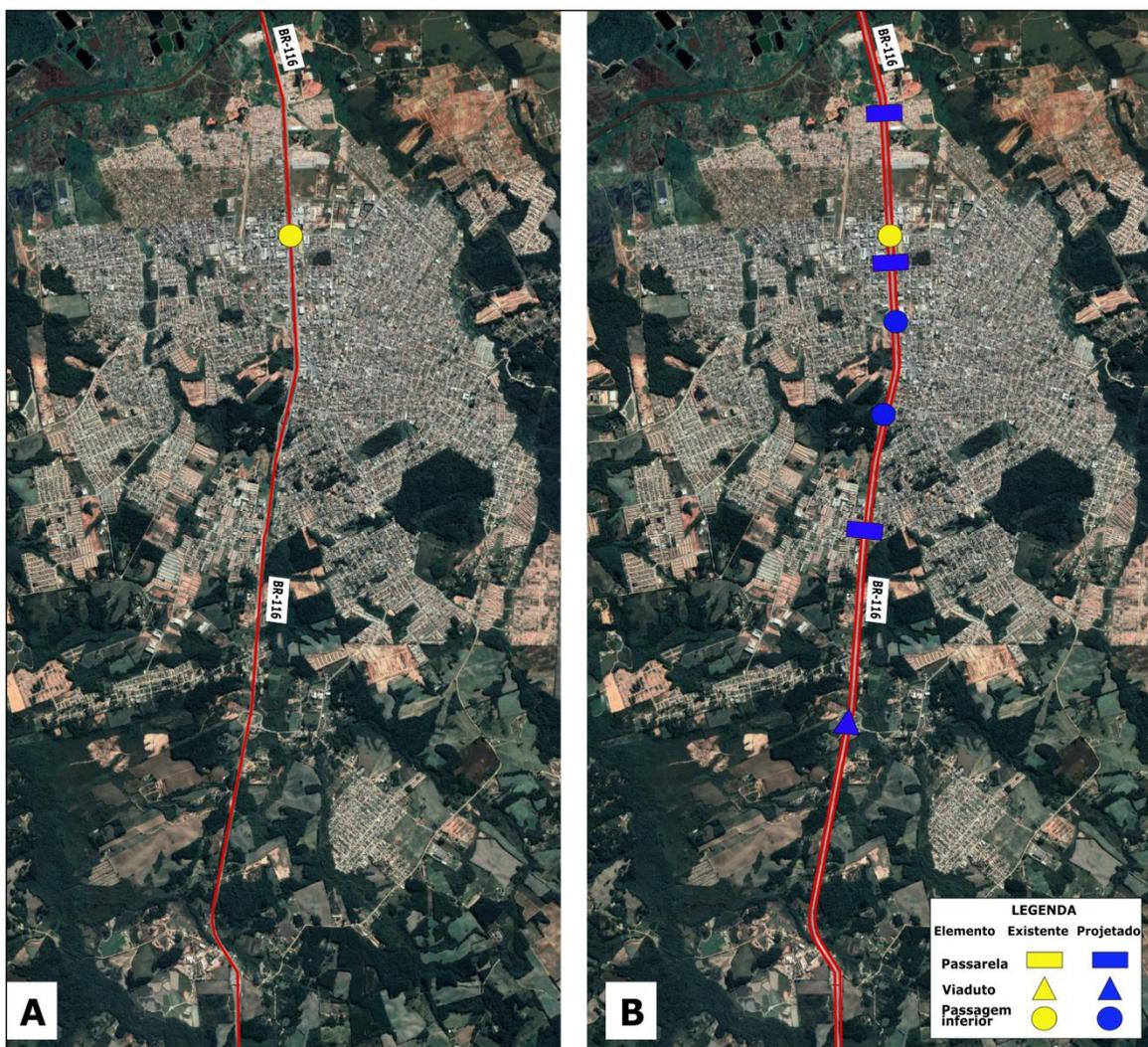


Figura 67 – Fazenda Rio Grande. Dispositivos de transposição perpendicular à rodovia na situação original (A) e na situação projetada da duplicação (B). Fonte: o autor sobre imagem do *Google earth*.

#### 4.4.2 Análise sintática

##### 4.4.2.1 Conectividade média

A conectividade média do sistema na situação original equivale a 3,41 conexões por linha, o que pode ser considerado um valor baixo (fig. 69). Conforme já exposto, a média da conectividade das cidades brasileiras corresponde a 3,9 conexões por linha, de forma que a conectividade média aferida no local é menor do que a média brasileira. Quando este valor é comparado em nível mundial, corrobora-se o baixo valor para esta medida no assentamento. Conforme Medeiros (2006) os menores valores para esta variável são verificados nas cidades portuguesas (3,6 conexões por linha) e asiáticas (3,5

conexões por linhas), diante disso percebe-se que o valor encontrado em Fazenda Rio Grande (3,41 conexões por linhas) é inferior às menores médias das cidades mundiais.

Observa-se que, embora a maior parte da malha do sistema esteja concebida como uma grelha ortogonal, nem sempre se verifica a existência de grandes eixos. Como já expressado anteriormente, a estruturação do sistema remete a uma “colcha de retalhos” de forma que existem múltiplos padrões de grelhas que formam microssistemas formados por conjuntos de eixos com reduzida extensão. Assim, entende-se que resta demonstrada a lição de Hillier (2002), na qual o autor britânico reconhece que em malhas consolidadas há uma tendência para a correlação entre a medida de conectividade e a extensão das vias. Desta forma, sistemas – mesmo os ortogonais – com vias de reduzido comprimento tendem a gerar sistemas com baixa conectividade média.

Com a implantação da duplicação e a construção de novos dispositivos, o número de linhas axiais aumenta para 1749 (fig. 70). Nesta situação a conectividade média do sistema apresenta leve diminuição, alcançando 3,38 conexões por linha, o que caracteriza a redução de apenas 0,88%. Explica-se este valor principalmente pelo número significativo de eixos que compõem o sistema, mas também pela pequena quantidade de eixos que sofreram alterações.

Assim, com vistas ao objetivo do trabalho, e recordando a lição de Cutini (2013) no sentido de que o maior valor de conectividade média do sistema remete a uma disponibilização de mais alternativas de movimento e, por consequência, a um maior nível de resiliência urbana do sistema, é possível afirmar - em exame apenas desta variável - que a alteração no sistema viário não se mostrou relevante, não alterando significativamente o nível de resiliência do assentamento.

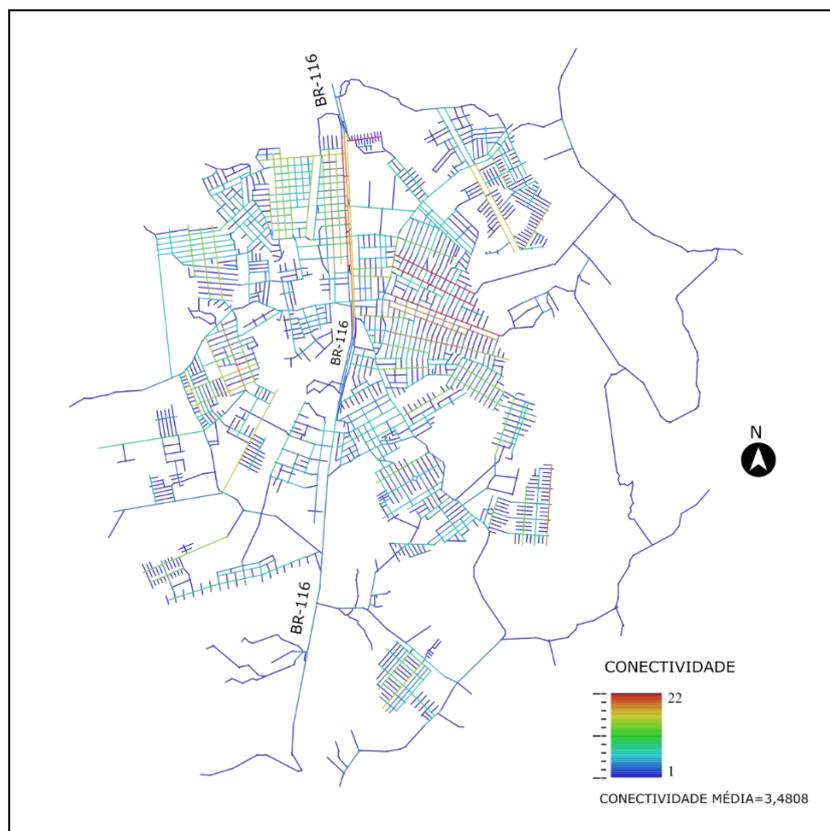


Figura 68 – Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – Distribuição da conectividade.

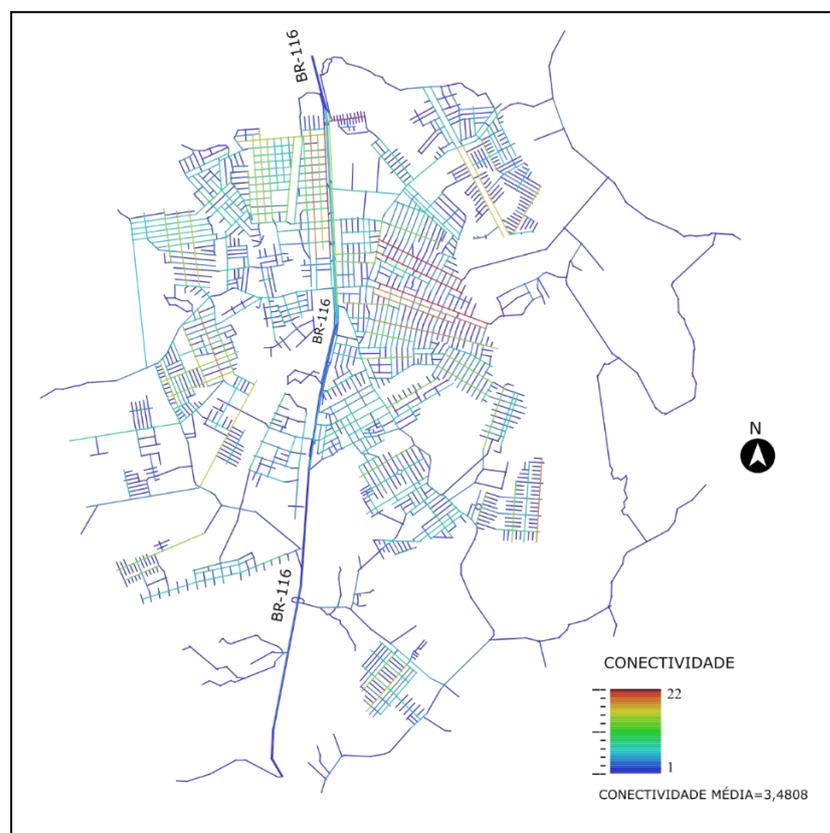


Figura 69 – Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – Distribuição da conectividade.

#### 4.4.2.2 Índice “v”

A segunda variável proposta por Cuttini para aferir o nível de resiliência urbana é o denominado índice “v” que correlaciona a variável *choice* com o número de linhas do sistema.

Na situação original do sistema, a medida *choice<sub>max</sub>* encontrada corresponde ao valor de 1.352.457 para 1717 linhas que constituem o sistema, de forma que o valor do índice “v” equivale a 0,9191. Na segunda situação, com a inserção do projeto de duplicação, a medida de *choice<sub>max</sub>* representa o valor de 1.021.854 para um total de 1749 linhas que compõem o sistema, resultando em um índice “v” igual a 0,6692.

A análise isolada dos valores encontrados para o índice “v” indicam que na situação com a duplicação da rodovia o sistema passa a depender menos da rodovia para a relação de movimentos e há um considerável aumento da resiliência urbana do sistema analisado

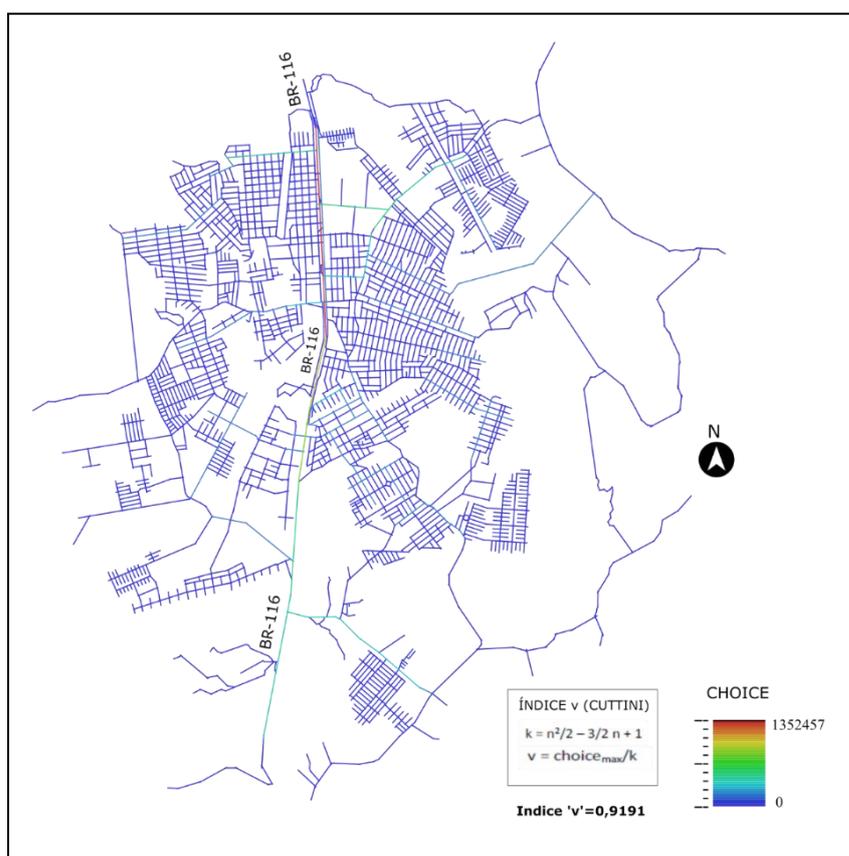


Figura 70 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – *Choice*.

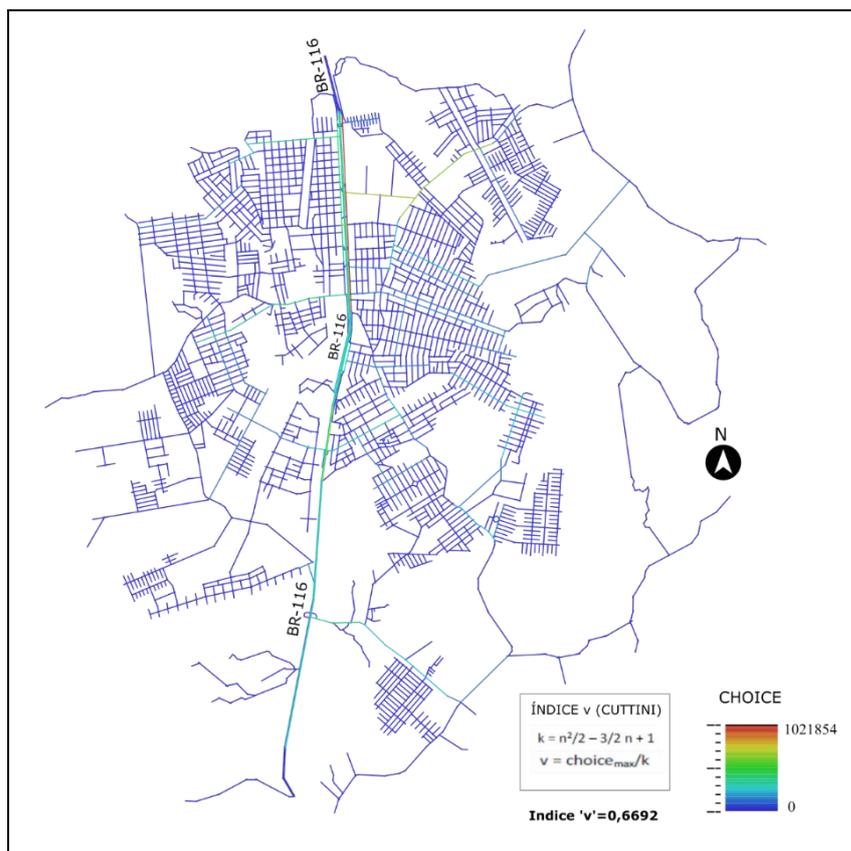


Figura 71 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – *Choice*.

#### 4.4.2.3 Sinergia

A terceira medida utilizada para avaliar a resiliência urbana do assentamento é a sinergia, que reflete à correlação entre a integração global e local do sistema. Na situação original, o valor desta medida corresponde a 0,3141, o que corresponde a uma correlação baixa (fig. 73). Significa dizer que em torno de 31% das linhas do sistema urbano, as linhas com maior integração global correspondem às linhas com maior integração local. Lembra-se que, conforme estudos de Medeiros (2016), a média desta variável para as cidades brasileiras equivale a 36%, que é o menor valor quando cotejado com a média de cidades localizadas em outros continentes. Diante disso, resta evidenciado o baixo valor desta variável para Fazenda Rio Grande.

Na segunda situação, com a simulação do sistema com a inclusão do projeto de duplicação, a sinergia do assentamento diminui para 0,3134, (ou 31% das linhas) (fig. 74) o que denota pequena queda nesta medida, ressaltando o

distanciamento entre as propriedades globais e as propriedades locais do sistema, já apurado na situação original.

Ao tratar desta variável Medeiros (2006) assevera que os sistemas com melhor desempenho são aqueles mais ortogonais ou orgânicos desde que de reduzido tamanho e aduz, ainda, que o desempenho sofrível das cidades brasileiras para esta variável tende a ter como causa a conformação delas como “colchas de retalhos”.

Para fins de apuração da resiliência urbana do assentamento, e com base apenas nesta variável de segunda ordem, pode-se afirmar que a situação após a implantação do projeto de duplicação resultou em uma leve diminuição dos valores, mostrando-se irrelevante para fins de avaliação de níveis de resiliência urbana.

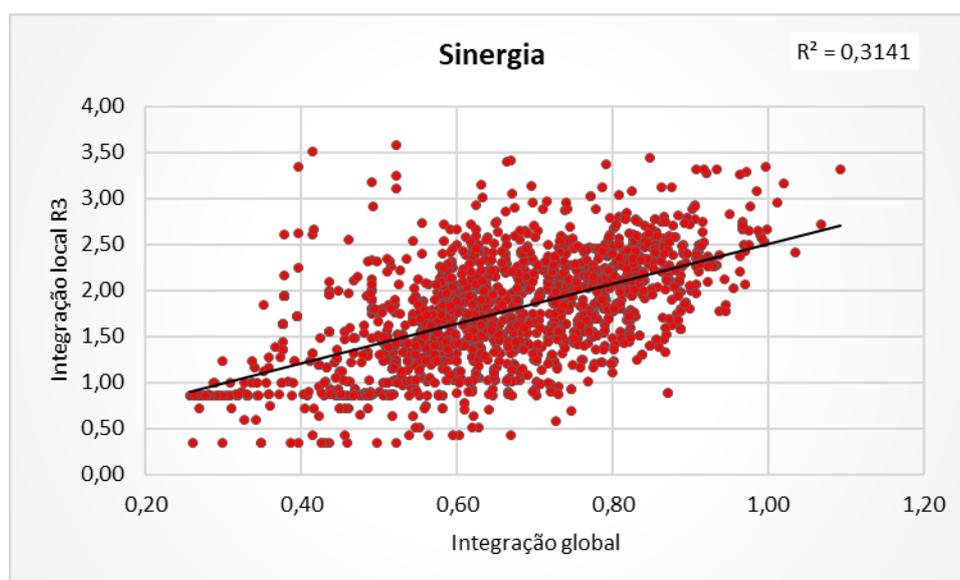


Figura 72 – Fazenda Rio Grande/PR. Gráfico *Scatter plot* / situação original – Sinergia.

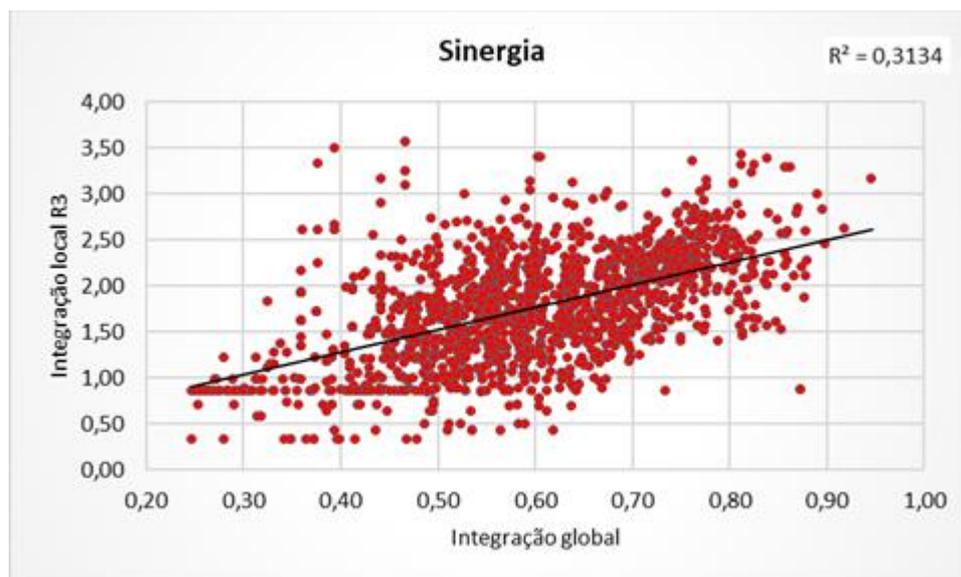


Figura 73 – Fazenda Rio Grande/PR. Gráfico *Scatter plot* / situação projetada – Sinergia.

De acordo com o método proposto por Cutini (2013) para avaliação da resiliência urbana, apresenta-se abaixo, na tabela 10, os valores encontrados em Fazenda Rio Grande:

Medida	Situação Original	Situação Projetada	%
Conectividade média	3,4121	3,3759	- 1,06
Índice 'v' - <i>choice</i> max /k	0,9191	0,6692	-27,19
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,3141	0,3134	- 0,22

Tabela 10 – Valores referentes aos índices de resiliência urbana – Fazenda Rio Grande.

#### 4.4.2.4 Integração global

A integração global na área urbana de Fazenda Rio Grande, conforme se vislumbra na figura 75, possui como núcleo o eixo correspondente a Rodovia BR-116, sobretudo na porção norte do assentamento, onde está localizada a área da cidade com maior densidade. Verifica-se também, que dentro do grupo de vias com maiores valores de integração global estão alguns eixos perpendiculares à rodovia, que se iniciam nela e seguem para as bordas do sistema. Esta configuração sugere a forma conhecida no âmbito da Teoria da Sintaxe Espacial como “roda deformada”. Entretanto, há de se ressaltar, que na acepção original da “roda deformada” os eixos que partem do núcleo integrador do sistema em direção à periferia são longos, constituindo como importantes vias para o deslocamento das pessoas. No caso de Fazenda Rio Grande este fenômeno não

é verificado em sua plenitude, haja vista que os eixos que partem da rodovia não possuem, em sua maioria, grande extensão, não sendo contínuos até as bordas do sistema.

Observa-se ainda que esta travessia urbana mantém preservada a sua faixa de domínio com a existência, em alguns trechos, de rua laterais. A ocupação da rodovia é predominantemente de médios e grandes estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços. Assim, a percepção é de uma rodovia propriamente dita, não tendo características – como verificadas em outros exemplares - de via urbana.

Na concepção original, a área urbana de Fazenda Rio Grande possui integração global média equivalente a 0,6548, o que é um valor baixo. A média desta variável para as cidades brasileiras corresponde a 0,764, valor superior ao aferido em Fazenda Rio Grande. Há de lembrar ainda, que conforme Medeiros (2006) as cidades brasileiras quando cotejadas com as cidades de outros continentes são as que apresentam menor valor médio desta variável. As cidades latino-americanas e as cidades estado-unidenses possuem, respectivamente, os valores de 1,359 e 1,550 para a média de integração global. Nota-se que tais valores são consideravelmente superiores aos achados em Fazenda Rio Grande. Este fato confirma a baixa integração existente no município em estudo e todas as suas consequências na vida urbana. Ainda, é possível notar a robustez na integração do eixo da BR-116 em contraposição da baixa integração verificada no tecido urbano fruto de expansões periféricas, denotando a segregação espacial destes locais.

Quando inserido o projeto de duplicação da rodovia, a integração global do sistema diminui – e a profundidade medida do sistema aumentou -, apresentando 0,5943 como valor médio da integração global, sendo que tal diminuição está ligada a escassez de conectividade da rodovia com o tecido urbano (fig. 76). Assim, a baixa integração global verificada na situação original é potencializada com a implantação do projeto de duplicação. Em que pese a diminuição do valor médio, verifica-se que não há uma alteração geral nas condições de distribuição da integração global. Ou seja, os maiores valores de integração continuam sendo verificados no eixo da rodovia e de suas ruas laterais, sobretudo na porção norte

do assentamento, com a diminuição dos valores naquelas linhas mais próximas das bordas do sistema. Além disso, há de se mencionar que não existiam grandes eixos integradores que transpunham a rodovia na situação original, de forma que foram poucos os eixos que ligavam os dois lados da rodovia que foram interrompidos.

As medidas de integração global na situação original e na situação projetada estão dispostas na tabela 11.

<b>Integração global</b>	Mínimo	Média	Máximo
Situação original	0,1609	0,5634	0,9462
Situação projetada	0,2468	0,5165	0,9462

Tabela 11 – Valores referentes a medida de integração global – Fazenda Rio Grande.

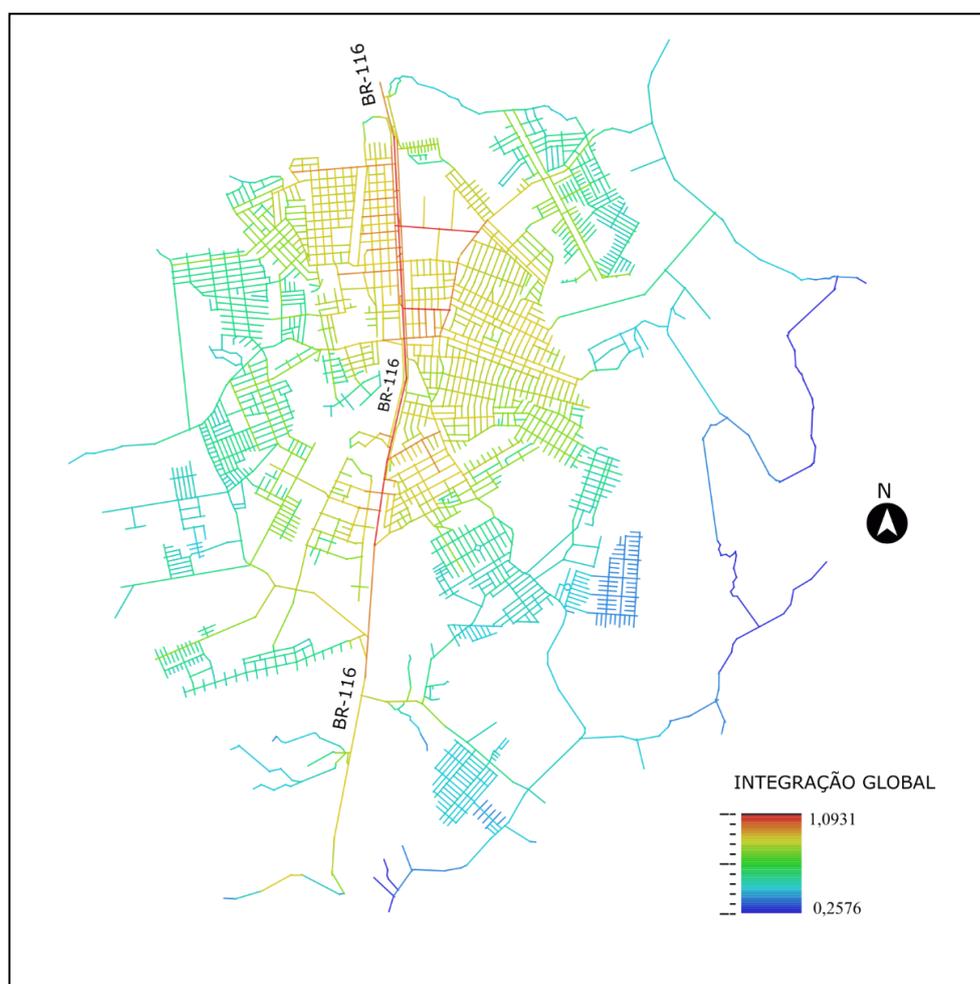


Figura 74 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação original – Integração global.

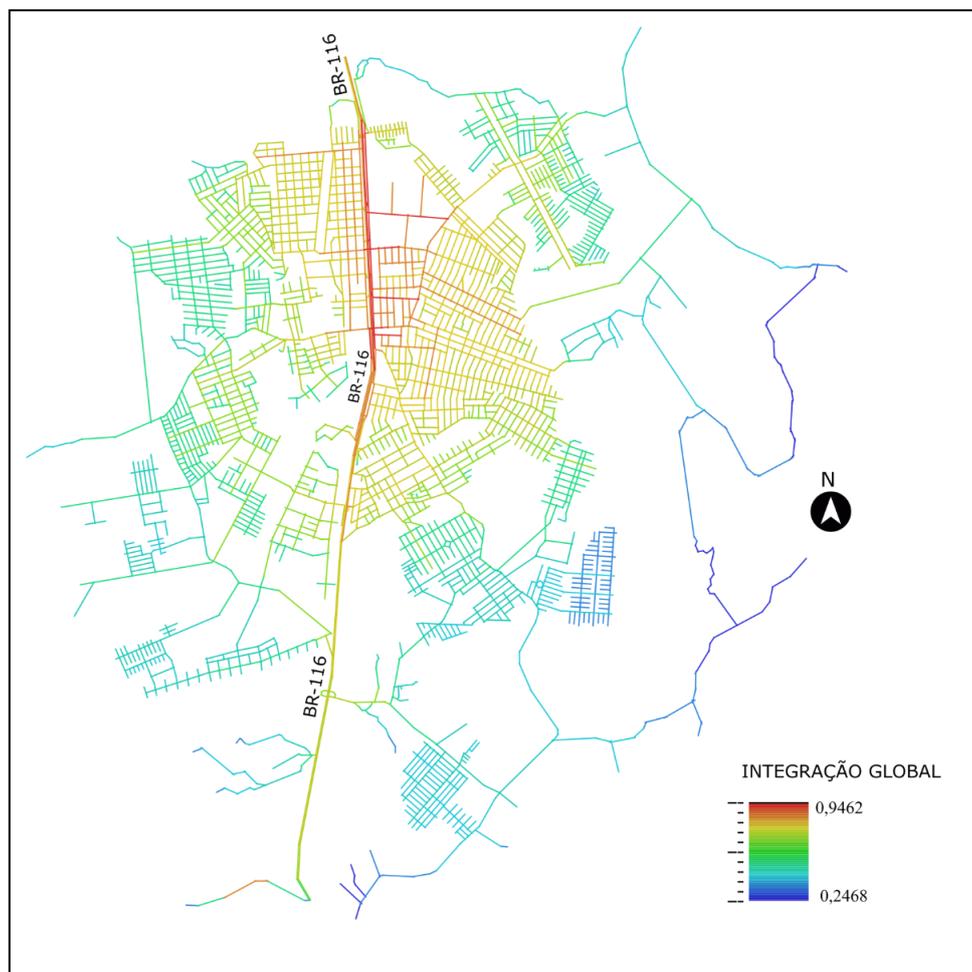


Figura 75 - Fazenda Rio Grande. Mapa axial / situação projetada – Integração global.

#### 4.4.2.5 Choice

Ao analisar o mapa de *choice* na configuração original (figura 69) nota-se que os maiores valores (cor vermelha) estão estabelecidos nas linhas da rodovia, localizadas no centro geométrico do assentamento, perdendo força ao passo que se afastam para as extremidades do sistema. Considerando que esta medida corresponde aos eixos que tendem a concentrar os fluxos de deslocamentos locais, é possível afirmar que a rodovia se destaca na hierarquia viária local, configurando um importante corredor que abriga grande parte dos deslocamentos de natureza intraurbana, ao mesmo tempo em que divide o assentamento. Além da rodovia, existe um conjunto de vias (cor azul claro) que estruturam o esquema de deslocamento dentro do sistema. São eixos hierarquicamente importantes e

que possuem a função de interligar os locais mais periféricos com outras partes do assentamento.

Cabe lembrar que um dos objetivos da duplicação de uma rodovia em meio urbano é torná-la menos suscetível a conflitos com o tráfego local, de forma que ocorre um maior controle de acessos a suas pistas. Desta forma, ocorre a interrupção de eixos que ligam os lados da via indistintamente e no mesmo nível dela, fazendo que a transposição da rodovia ocorra em poucos pontos e em níveis diferentes, mediante a utilização de passarelas, viadutos e passagens inferiores. Ao longo do trecho objeto desta análise, o projeto de duplicação prevê a implantação de sete destes dispositivos de transposição de um lado ao outro da rodovia.

Na situação original havia maior possibilidade de percurso entre os dois lados da rodovia, pois não havia separação física entre as faixas da rodovia simples. Na situação projetada, considerando que há apenas sete pontos de transposição da rodovia há uma concentração das vias mais utilizadas para o menor percurso topológico entre quaisquer de pontos da malha urbana.

Desta forma, na situação projetada, há uma grande alteração no que se refere aos eixos com maior valor desta medida. Na nova configuração, o eixo com maior valor de *choice* – que na situação original era um trecho da rodovia – corresponde a passagem inferior que faz a interligação entre um lado e outro da cidade. Observa-se que este eixo está localizado no trecho da rodovia onde há maior densidade de vias (fig. 70).

A tabela 12 apresenta a compilação das medidas da *choice* verificadas na situação original e na situação projetada:

	<b>Choice máxima</b>	<b>Choice máxima normalizada</b>
Situação original	1471470	1,5623
Situação projetada	1526878	1,5660
%	+3,77%	+0,24%

Tabela 12 – Valores referentes a medida de *Choice* – Fazenda Rio Grande.

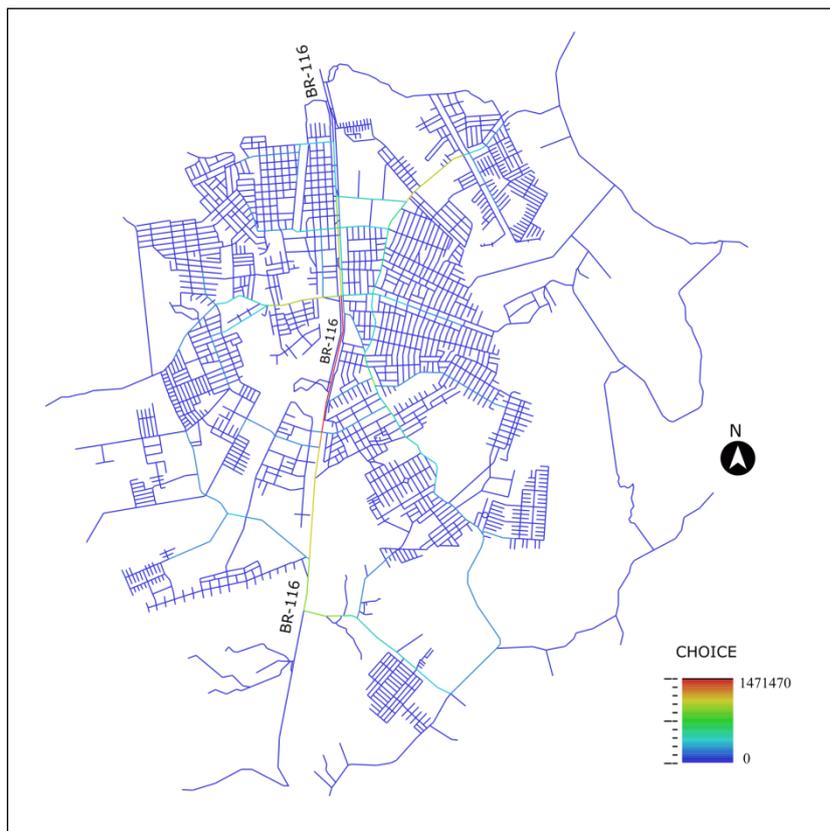


Figura 76 - Fazenda Rio Grande. Mapa segmentado / situação original – Choice.

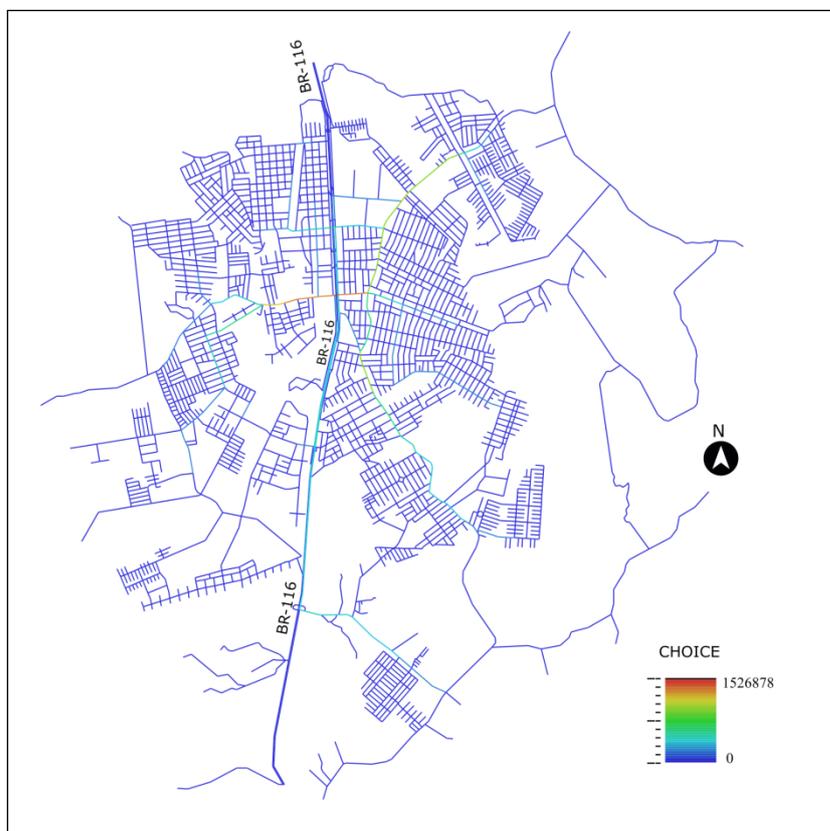


Figura 77 - Fazenda Rio Grande. Mapa segmentado / situação projetada – Choice.

#### 4.5 Análise comparativa entre os estudos de caso

O primeiro enfoque abordado, como já explicitado anteriormente, diz respeito à aferição do nível de resiliência urbana dos assentamentos, utilizando o método recomendado por Valério Cutini. Segundo a lição do autor italiano, em apertada síntese, depreende-se que maiores valores das variáveis conectividade média e sinergia correspondem a um maior nível de resiliência urbana, enquanto que um maior valor do índice “v” equipara-se a um menor nível de resiliência urbana. Observa-se, também, que tais medidas são apropriadas para a comparação entre sistemas de distintos tamanhos, pois a conectividade média e a sinergia são medidas que analisam o sistema como um todo, e o índice “v” utiliza a variável *choice* que, apesar de ser uma medida que se refere à linha, foi efetuada uma ponderação utilizando-se do número de linhas de cada sistema.

Os resultados obtidos nas simulações dos quatro assentamentos estão sintetizados na tabela abaixo.

<b>Distrito de Anhanduí/MS</b>			
<b>Medida</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Situação Projetada</b>	<b>%</b>
Conectividade média	7,3636	4,7059	- 36,09
Índice 'v' - <i>choice</i> max /k	0,4115	0,7206	+ 75,11
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,9761	0,6742	- 30,93
<b>Itaquiraí/MS</b>			
<b>Medida</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Situação Projetada</b>	<b>%</b>
Conectividade média	4,6143	4,2036	- 8,90
Índice 'v' - <i>choice</i> max /k	0,7701	0,7967	+ 3,45
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,7317	0,6448	- 11,28
<b>Congonhas/MG</b>			
<b>Medida</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Situação Projetada</b>	<b>%</b>
Conectividade média	2,8943	2,8894	- 0,17
Índice 'v' - <i>choice</i> max /k	0,6873	0,6711	- 2,36
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,1001	0,0933	- 6,79
<b>Fazenda Rio Grande/PR</b>			
<b>Medida</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Situação Projetada</b>	<b>%</b>
Conectividade média	3,4121	3,3759	- 1,06
Índice 'v' - <i>choice</i> max /k	0,9191	0,6692	-27,19
Sinergia (Int. R3 x Int. Rn)	0,3141	0,3134	- 0,22

Tabela 13 - Resultados referentes às medidas que avaliam a resiliência urbana.

Dentre as ponderações extraídas da análise dos estudos de caso, tanto das planilhas quantitativas, quanto dos mapas temáticos, conclui-se:

- Com a implantação da duplicação da rodovia, ocorreu a transformação na estrutura urbana e nas relações entre os seus elementos. Esta transformação é mais significativa nos sistemas menores, compostos por reduzido número de linhas.

- Em todos os casos, com a inclusão do projeto de duplicação, houve uma diminuição dos valores de conectividade média, em função do seccionamento dos eixos transversais à rodovia, e a consequente substituição de cruzamentos do tipo “X”, por conexões do tipo “T”, e pela característica que a rodovia passa a ter, com controle de acessos e a baixa conexão com outros elementos do sistema viário. Os sistemas onde preponderam a malha regular e ortogonal possuem valores de conectividade média maior. Nesse sentido, chamam atenção os altos valores apurados no Distrito de Anhanduí, resultantes da sua malha regular e dos eixos globais que atravessam todo o sistema. Em contrapartida, temos os resultados de Congonhas, cujos baixos valores refletem a organicidade de seu tecido urbano.

- Com relação à sinergia, também é verificado que na situação projetada, isto é, com a inclusão do projeto de duplicação, em todos os casos estudados há uma diminuição de valores, o que demonstra a redução da correlação entre as propriedades globais e locais do sistema, quando comparados com a situação original do assentamento. Esse fenômeno aponta para uma redução do nível de resiliência urbana para todos os exemplares examinados. Esta variável tem uma relação inversa com o tamanho do sistema, no sentido de que quanto menor for o sistema maior será o seu valor. Além disso, há uma tendência de que, quanto mais regular e ortogonal for a malha, maior será a correlação entre a integração global e a integração local. Isso talvez explique o altíssimo valor desta medida para o Distrito de Anhanduí, na situação original, onde para 97% das linhas há a correspondência entre integração global e integração local. Contrastando com este caso, está a cidade de Congonhas, cuja medida de sinergia corresponde, na situação original, a apenas 10% das linhas, produto da dimensão considerável do sistema e da organicidade da malha viária.

- Dentre os exemplares estudados, o Distrito de Anhanduí foi o que apresentou maior variação nas medidas entre um cenário e outro. Esse fato é explicado pelo diminuto número de linhas que compõem o sistema e pelo papel

central da rodovia na formação do assentamento. Verifica-se que a rodovia é o eixo principal do sistema urbano, ao longo da qual se desenvolve a área urbana, de forma linear. Assim, qualquer alteração que ocorra nesta via e considerando a abordagem relacional utilizada pela pesquisa, repercutirá de maneira expressiva nas demais linhas que compõe o sistema.

- Para a cidade de Itaquiraí, embora o baixo número de linhas que compõe o sistema, verifica-se a relativa alteração das variáveis obtidas nos cenários antes e depois da duplicação. Observa-se que, quando comparada com o Distrito de Anhanduí, Itaquiraí não apresenta uma linearidade acentuada ao longo da rodovia, pois sua urbanização propaga-se em outras direções. Assim, o número de linhas que foram seccionadas com a duplicação da rodovia, é, proporcionalmente, menor do que o número de linhas seccionadas no Distrito de Anhanduí. Ademais, a inflexão verificada na geometria da rodovia, acompanhada pelo sistema viário urbano, rompe a continuidade das linhas axiais, minorando os efeitos da malha ortogonal.

- A cidade de Congonhas apresenta malha predominantemente irregular em função da sua topografia íngreme e da existência de barreiras naturais (rio) e construídas (linha ferroviária). Dentre os exemplares estudados é o que possui maior número de linhas formando o sistema. Além disso, a rodovia não dispõe de papel relevante na dinâmica urbana, pois se localiza em parte do perímetro urbano que possui ocupação rarefeita, tendo poucas conexões com o sistema viário local, não interceptando os eixos globais do assentamento. O povoamento se formou antes da configuração do atual trajeto da rodovia. Pode-se dizer que neste caso, de forma diversa do que ocorre comumente, a rodovia veio atender à uma necessidade de prover acesso à cidade, um polo ligado à extração mineral. Assim, constata-se que as alterações nas medidas, proporcionadas pela implantação da duplicação da rodovia são, praticamente, irrelevantes na configuração espacial da cidade.

- Fazenda Rio Grande é um exemplo inequívoco das cidades brasileiras caracterizadas como uma “colcha de retalhos” onde percebe-se a disseminação de variadas grelhas sem uma real e efetiva articulação entre elas. Este fenômeno é típico da forma de urbanização acelerada e sem planejamento. Observa-se que

mesmo a rodovia ocupando papel central no assentamento, não há grandes alterações nas medidas verificadas. Sugere-se que isso ocorre em função do tamanho considerável do sistema, e pelo fato, conforme já exposto, de não haver grande número de conexões importantes que articulem um lado ao outro da rodovia, de forma que a duplicação da rodovia não secciona eixos globais do sistema.

Uma segunda perspectiva desenvolvida refere-se ao comportamento geral da estrutura urbana a partir do levantamento das principais medidas sintáticas relacionadas à mobilidade das pessoas. Assim, seguem, de forma condensada, os resultados obtidos nas simulações realizadas para a medida de integração global no mapa axial e da medida de *choice* no mapa segmentado.

INTEGRAÇÃO GLOBAL				
		Original	Projetada	%
Distrito de Anhanduí/MS	Mínimo	0,7739	0,7048	-8,93
	Média	2,3655	1,3927	-41,12
	Máximo	4,7380	2,6631	-43,79
Itaquiraí/MS	Mínimo	0,8591	0,6291	-26,77
	Média	1,5095	1,3007	-13,83
	Máximo	2,8197	2,3341	-17,22
Congonhas/MG	Mínimo	0,1824	0,1734	-4,93
	Média	0,3324	0,3241	-2,50
	Máximo	0,5253	0,5051	-3,84
Fazenda Rio Grande/PR	Mínimo	0,2576	0,2468	-4,19
	Média	0,6548	0,5943	-9,24
	Máximo	1,0931	0,9462	-13,44

Tabela 14 – Valores de Integração Global.

CHOICE max.				
		Original	Projetada	%
Distrito de Anhanduí/MS	Valor absoluto	12580	41721	+231,64
	Valor ponderado	1,4607	1,5813	+8,25
Itaquiraí/MS	Valor absoluto	49078	56488	+15,10
	Valor ponderado	1,5717	1,5752	+0,22
Congonhas/MG	Valor absoluto	4525633	4813408	+6,36
	Valor ponderado	1,4599	1,5060	+3,16
Fazenda Rio Grande/PR	Valor absoluto	1471470	1526878	+3,77
	Valor ponderado	1,5623	1,5660	+0,24

Tabela 15 – Valores de *Choice* Máximo.

Dentre os resultados obtidos dos estudos de caso, conclui-se:

- Com relação à integração global, que remete à centralidade do sistema, em todas as circunstâncias, os maiores valores correspondem ao Distrito de Anhanduí em consequência de ser o menor sistema e possuir a malha mais regular e ortogonal. Em sentido contrário, os menores valores são encontrados na cidade de Congonhas que possui o maior número de linhas, quando comparado com os outros exemplares estudados, e a descontinuidade de sua malha urbana, o que ocasiona a fragmentação dos espaços. Além disso, é possível ver que o projeto de duplicação não produz alterações expressivas nesta medida para Congonhas, visto que a rodovia está localizada em setor pouco integrado da malha urbana, não interceptando eixos axiais importantes. É imprescindível registrar que no Distrito de Anhanduí, Itaquiraí e Fazenda Rio Grande, na situação original da rodovia, em pista simples, as linhas que possuem maior integração correspondem a trechos da rodovia, destacando a importância desta via na dinâmica urbana. No Distrito de Anhanduí e Itaquiraí, com o projeto de duplicação, há alteração substancial nesta condição. Com a implantação de ruas laterais e o controle de acessos à rodovia, há o deslocamento da via mais integrada para trechos da rua lateral, ficando a rodovia com valores consideravelmente baixos. Assim, a rodovia que capturava boa parte da integração global do sistema passa a segregá-lo. No caso de Fazenda Rio Grande, determinado trecho da rodovia já apresentava o maior valor de integração global na situação original, entretanto, por já possuir ruas laterais que percorriam boa parte do sistema, estas, também possuíam valores elevados de integração global, que se mantiveram após a implantação da duplicação. Em Congonhas, tanto na situação original quanto na projetada, não há alterações significativas nas condições da medida de integração global. A via com maior valor para esta medida mantém-se a mesma nas duas situações e corresponde a principal ligação da rodovia com o centro histórico, e não há modificação, também, no núcleo de integração original, o que ressalta a baixa influência da duplicação da rodovia na integração global do assentamento.

- Preliminarmente cabe registrar, que os valores da medida de *choice* possuem relação direta com o tamanho do sistema (número de eixos), assim,

para comparar linhas de um mesmo sistema pode ser utilizado o valor absoluto de cada linha. Entretanto, para fazer a comparação entre sistemas distintos é necessário utilizar a medida de *choice* normalizada (ponderada), conforme preconizado no Capítulo 3 – Métodos e Técnicas. Com relação à presente investigação, a questão que mais chama a atenção nos mapas referentes à esta medida, foi a alteração seminal verificada quando comparadas as situações originais e projetadas com a duplicação da rodovia. Nos sistemas correspondentes ao Distrito de Anhandui, Itaquiraí e Fazenda Rio Grande, o maior valor de *choice*, na situação original, é verificado em trechos da própria rodovia, o que é um indicativo da sua proeminência na hierarquia viária do assentamento. Por outro lado, quando é realizada a simulação inserindo o projeto da duplicação da rodovia, o maior valor de *choice* é deslocado para o eixo que representa a via que faz a ligação, na porção mais central do assentamento, entre os dois lados da cidade cortados pela rodovia. Em Congonhas, esta situação não é verificada. Nos dois cenários não há alteração na via com maior valor de *choice*, localizada no interior do assentamento e que realiza a conexão entre a rodovia e o centro histórico da cidade.

## **CAPÍTULO 5 – Considerações finais**

Este último capítulo apresenta uma conclusão para a pesquisa desenvolvida, considerando os objetivos propostos, o método utilizado, os resultados alcançados e, também, possíveis direcionamentos para futuros estudos.

O trabalho procurou investigar os efeitos da duplicação de travessias urbanas na configuração das cidades a partir da análise espacial com o enfoque configuracional, utilizando-se da teoria e das ferramentas da Sintaxe Espacial. Basicamente, o exame de tais efeitos realizou-se a partir de duas perspectivas. Primeiro avaliando indicadores de resiliência urbana, que é a capacidade de uma cidade em suportar alterações abruptas, fundamentado no método proposto por Valério Cutini (2013). Em um segundo momento, foi aferido o comportamento geral da estrutura urbana enfatizando as características sintáticas que se relacionam à mobilidade de pessoas, mediante o emprego das medidas apropriadas, desenvolvidas pela Sintaxe Espacial.

Para proceder estas análises foi utilizado estudo de caso, constituído por quatro exemplares de travessias urbanas, que se mostrou adequado para alcançar o objetivo proposto. Trata-se, em essência, de um estudo morfológico que procurou entender as consequências da implantação de duplicação de rodovias em áreas urbanas com a consequente ruptura no padrão originalmente estabelecido da tessitura urbana. O estudo foi realizado a partir de uma abordagem sistêmica.

Assim, é possível inferir que a inquietação que levou a este trabalho foi investigar as consequências, na estrutura urbana, de uma alteração abrupta ocorrida em seu sistema viário que não seja fruto do processo natural de evolução histórica do assentamento, mas que é originado em um elemento externo à cidade (a duplicação da rodovia), fruto de uma decisão técnica e política de entes administrativos diversos do município.

A revisão de conceitos atinentes a travessias urbanas, resiliência urbana e sintaxe espacial, possibilitou o adequado direcionamento e desenvolvimento da

dissertação. Revisou-se, ainda, alguns estudos que abordaram a temática proposta por esta investigação, entretanto, poucos foram os autores que abordaram especificamente a questão da resiliência urbana em função de obras que alteraram significativamente o sistema viário – e, por consequência, a estrutura urbana – utilizando-se dos princípios da Teoria da Sintaxe Espacial. Nesse sentido, pode-se afirmar que o presente trabalho se associa a outras pesquisas que avaliam o comportamento de sistemas urbanos que sofreram alterações abruptas em sua estrutura, alicerçado no aparato metodológico da análise configuracional urbana.

É válido destacar que as ferramentas metodológicas da Teoria da Sintaxe Espacial se mostraram satisfatórias e propiciaram as condições necessárias para a obtenção de respostas aos questionamentos suscitados no decorrer do trabalho, mostrando-se um método compatível com o problema da avaliação de resiliência urbana e do comportamento da estrutura urbana. É oportuno observar, ainda, que o aplicativo *Depthmap* mostrou-se uma ferramenta notável para a realização das simulações efetuadas, atendendo plenamente às necessidades e às expectativas da presente dissertação.

Neste momento, mostra-se conveniente recordar o objetivo geral do trabalho: “*Analisar os efeitos da implantação de duplicação de travessias urbanas na configuração espacial das cidades, aferindo o nível da resiliência urbana a tal intervenção*”. Entende-se que o objetivo foi alcançado, sendo os resultados principais os apresentados abaixo.

Preliminarmente cabe lembrar que os quatro assentamentos que foram objeto do estudo de caso possuem particularidades que os diferenciam uns dos outros, especialmente no que concerne à extensão da travessia urbana, à tipologia da tessitura urbana e à dimensão do assentamento.

Com relação a aferição do nível de resiliência urbana, que tinha por base três medidas sintáticas (valor da conectividade média, sinergia, e índice “v”), o trabalho indicou que as alterações mais relevantes foram verificadas nos sistemas menores, compostos por reduzido número de linhas. Em todos os casos, no cenário com a rodovia duplicada constatou-se a redução dos valores de conectividade média. No que diz respeito à sinergia, também foi verificado que

nas simulações com a inserção do projeto de duplicação houve a diminuição de valores desta medida, o que demonstra a redução da correlação entre as propriedades globais e locais do sistema, quando comparados com a situação original do assentamento. Dentre os estudos de caso, o Distrito de Anhanduí foi o que apresentou maior variação nas medidas entre uma simulação e outra, explicada pelo reduzido tamanho do sistema.

As variáveis apuradas nas simulações referentes às localidades de Distrito de Anhanduí e Itaquiraí indicaram que houve - sob o prisma da análise configuracional – uma piora nos níveis de resiliência urbana após a implantação a duplicação da rodovia. Para as cidades de Congonhas e Fazenda Rio Grande, as medidas de conectividade média e sinergia indicaram a diminuição dos níveis de resiliência, enquanto o índice “v” apontou para a melhora da resiliência naqueles assentamentos. Entende-se que esta discrepância indica uma deficiência do método utilizado. Anota-se que esta ocorrência corrobora as observações de Esposito e Di Pinto (2015) que ao avaliar a resiliência urbana em função de inundações, utilizando-se do método proposto por Cutini, detectaram algumas incongruências com as medidas utilizadas. Observa-se que este fato não deprecia o procedimento empregado, mas talvez indique a necessidade de aprimorá-lo.

Na segunda perspectiva desenvolvida pelo trabalho foram avaliadas as principais medidas sintáticas (integração global e *choice*). Com relação a integração verificou-se que Distrito de Anhanduí possui, em todas as circunstâncias, os maiores valores para esta medida. Em contraposição, os menores valores foram encontrados na cidade de Congonhas. Na situação original da rodovia, nos estudos de caso correspondentes ao Distrito de Anhanduí, Itaquiraí e Fazenda Rio Grande, as linhas mais integradas correspondem a trechos da rodovia, evidenciando a relevância da via na dinâmica urbana. Com a duplicação da rodovia e a conseqüente implantação de ruas laterais e controle de acessos à rodovia, ocorre a alteração dessa condição. A rodovia que capturava boa parte da integração global do sistema passa a segregá-lo, passando os maiores valores de integração para trechos das suas ruas laterais. Em Congonhas, nas duas situações estudadas, não houve

alterações relevantes para a integração global, permanecendo os maiores valores para a via que faz a ligação do núcleo central da cidade com a rodovia.

Com relação a medida de *choice*, no Distrito de Anhanduí, em Itaquiraí e na Fazenda Rio Grande, também foram verificados os maiores valores em trechos da rodovia, o que aponta para a sua importância na hierarquia viária da cidade. Na situação com a rodovia duplicada, o maior valor de *choice* é deslocado para o eixo que representa a via que faz a ligação entre os dois lados da cidade cortados pela rodovia, localizado na porção mais central do assentamento. Assim, na situação original, do ponto de vista de hierarquia viária, a rodovia era a principal via do sistema, com a duplicação da travessia urbana, o elemento principal passa a ser a via que faz a interligação entre os dois lados da cidade. Este fato indica uma alteração profunda na hierarquia viária do sistema local, que tende a gerar mudanças no uso do solo e na dinâmica urbana dos assentamentos. Por seu turno, em Congonhas, esta situação não foi verificada. Nos dois cenários não ocorreu alteração na via com maior valor de *choice*, localizada no interior do assentamento e que realiza a conexão entre a rodovia e o centro histórico da cidade.

O primeiro capítulo apresentou questão que norteou o desenvolvimento deste trabalho: *Identificar as consequências, na configuração espacial urbana, em assentamentos que foram afetadas pela duplicação de travessias urbanas e qual o nível de resiliência destas estruturas urbanas em função das repercussões constatadas.*

Neste momento, com lastro em tudo que já foi exposto, e em resposta ao questionamento acima, entende-se que, com a duplicação da rodovia, ocorre o seccionamento nas vias perpendiculares à rodovia que alteram de maneira substancial o movimento de pedestres e de veículos no sistema urbano, ensejando, portanto, mudanças cruciais na dinâmica urbana. Com a duplicação da travessia urbana, constata-se, sob a perspectiva configuracional, uma diminuição nos níveis de resiliência urbana nos assentamentos estudados. Esta redução da resiliência ocorre em maior amplitude em sistemas menores e que apresentam um padrão de regularidade e ortogonalidade na sua malha. Além disso, os casos estudados demonstraram que os níveis de resiliência urbana

sofreram um maior impacto naqueles cenários em que a rodovia contribuiu de maneira primordial no surgimento e/ou desenvolvimento das cidades e em que a rodovia já está incorporada de forma preeminente ao sistema viário local. Entretanto, cabe observar, que para fins de comportamento geral da estrutura urbana, em algumas situações a duplicação da rodovia apresenta potenciais benefícios para a cidade, com o reforço de centralidades, a diferenciação espacial e a redução de dependência das relações origem/destino envolvendo a rodovia.

Respondida a questão da pesquisa, cabe agora retornar ao pressuposto inicial que conformou a hipótese central do estudo: “*A duplicação de uma travessia urbana, da forma que é comumente realizada, majora os impactos negativos derivados do “efeito barreira”, em função da interrupção de eixos viários e a consequente descontinuidade gerada na malha urbana, e é possível verificar a diferenciação dos níveis de resiliência urbana em função da estrutura e da dimensão da tessitura urbana*”. Pode-se afirmar, por tudo que já foi dito, que a partir dos estudos de caso, a hipótese inicial de pesquisa foi parcialmente verificada, pois a duplicação de uma travessia urbana nem sempre traz apenas impactos negativos nas cidades, já que a transformação da rodovia em via primariamente de passagem, mesmo reduzindo os níveis de resiliência urbana, apresenta, espacialmente, impactos positivos para a cidade.

Cabe ressaltar que o tema *travessias urbanas* invoca, necessariamente, o saber de dois campos de conhecimento distintos que devem atuar de forma complementar. Nesse sentido, entende-se que o presente trabalho contribui para a aproximação entre as áreas de planejamento urbano e de engenharia rodoviária, colaborando no suporte ao planejamento integrado de rodovias e cidades.

Com o intuito de indicar potenciais desdobramentos para trabalhos futuros, sugere-se as seguintes possibilidades:

- Aplicar o método de análise em outros exemplares de duplicação de travessias urbanas, com o objetivo de conceber uma base de dados mais representativa, para comparar com os resultados aqui auferidos;

- Investigar outras medidas sintáticas ou correlações para avaliar os níveis de resiliência urbana e, eventualmente, aprimorar o método utilizado nesta pesquisa; e

- Comparar as alterações no uso do solo, após transcorrido um certo lapso de tempo, em função das alterações sofridas pelo sistema viário local em consequência da duplicação da rodovia.

Por fim, em síntese, a dissertação apresentada propicia o debate sobre questões controversas acerca da duplicação de travessias urbanas e as implicações entre as atividades de planejamento urbano e engenharia rodoviária, pavimentando caminhos para novas discussões sobre o tema.

## Referência bibliográficas

Abshirini, E. Koch, D. (2017). Resilience, space syntax and spatial interfaces: The case of river cities. **A Z ITU Journal of the Faculty of Architecture**, 14(1), 25-41.

Alexander, C. (1965). **A city is not a tree**. Disponível em: <http://en.bp.ntu.edu.tw/wp-content/uploads/2011/12/06-Alexander-A-city-is-not-a-tree.pdf>. Acesso em 15.07.2018.

Alves, D. (2013). **Travessia Rodoviária Urbana e Repercussões na Estrutura Urbana: O caso de Terra de Areia-RS**. Dissertação (Mestrado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Amin, J. C. (2012). **Eficácia da restrição de velocidade e outras ações na prevenção de acidentes em travessias urbanas de rodovias**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

Anciaes, P. R., Jones, P., Mindell, J. S. (2016). Community severance: where is it found and at what cost?. **Transport Reviews**, v. 36, n. 3, p. 293-317.

Andrade, T. A., Lodder, C. A. (1979). **Sistema urbano e cidades médias no Brasil** (nº. 43). Instituto de Planejamento Econômico e Social.

Ascher, F. (2010). **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra.

Bafna, S. (2003). Space Syntax: A brief introduction to its logic and analytical Techniques. **Environment and behavior**, v. 35, n. 1, p. 17-29.

Barros, A. P. B. G. (2006). **Estudo exploratório da sintaxe espacial como ferramenta de alocação de tráfego**. Dissertação (Mestrado) – UNB, Brasília.

Barros, A. P. B. G. (2014). **Diz-me como andas que te direi onde estás: inserção do aspecto relacional na análise da mobilidade urbana para o pedestre**. Tese (Doutorado) – UNB, Brasília.

Batty, M. (2007). **Model Cities**. CASA Working Papers, University College London, paper 113.

Batty, M. (2009). Urban modelling. In: THIRFT, N.; KITCHIN, R. (eds.). **International encyclopedia of human geography**. Elsevier, Oxford, UK, p. 51-8.

Batty, M. (2013). **The new science of cities**. Mit Press.

Batty, M., Torrens, P. M. (2001). Modeling complexity: the limits to prediction. **Cybergeog: European Journal of Geography**.

Batty, M., Torrens, P. M. (2005). Modelling and prediction in a complex world. **Futures**, 37(7), 745-766.

Bellia, V., Bidone, E. D. (1993). **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. Niterói: Editora Universitária – UFF.

Braga, A. C. (2013). **A espacialização de trocas multiculturais em conturbações internacionais da fronteira Brasil-Uruguaí**. Tese (Doutorado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Campanella, T. J. (2006). Urban resilience and the recovery of New Orleans. **Journal of the American Planning Association**, 72(2), 141-146.

Carlos, A. F. A. (2003). **A Cidade**. São Paulo: Ed. Contexto.

Carvalho, R., Batty, M. (2001), A rigorous definition of axial lines: ridges on isovist fields. **Working Paper Series**, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, 2001. Disponível online em [www.casa.ucl.ac.uk](http://www.casa.ucl.ac.uk).

Chadwick, G. F., (1973). **Una visión sistêmica del planeamiento**. Barcelona: Gustavo Gilli.

Consiglieri, V. (1999). **A morfologia da arquitetura 1920 - 1970**. 3ª Edição. Volume I. Lisboa: Editora Estampa.

Cristofolletti, A. (1999). **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher.

Crowther, D., Echenique, M. (1975). Desarrollo de um modelo de estructura espacial. In: Martin *et al.* (Orgs.). **La Estructura Del Espacio Urbano**. Barcelona: G. Gili, 1975.

Cutini, V. (2013). The city when it trembles. Earthquake destructions, post-earthquake reconstructions and grid configuration. *In* **9th Space Syntax Symposium** (pp. 102.1 - 102.17). Sejong University Press.

Cutini, V. (2017). Conurbations and resilience. When growth makes us fragile. **TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment**, 10(1/2017), 5-24.

Cutini, V., Di Pinto, V. (2015). On the slopes of Vesuvius: Configuration as a thread between hazard and opportunity. *In* **10th Space Syntax Symposium** (No. 66, pp. 1-13). University College London.

Dias, M. L. (2014). **A malha e o deslocamento: um estudo das relações entre configuração espacial e mobilidade urbana em Goiânia**. Dissertação (Mestrado) – UNB, Brasília.

DNER (1997). **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: DNER.

DNIT (2005). **Manual para ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais**. Rio de Janeiro: DNIT, 2ed.

DNIT (2009). **Norma DNIT 003/2009 – PRO: Criação e Incorporação de acesso, anel ou contorno rodoviário - Procedimento**. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas Rodoviárias.

DNIT (2010). **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro: DNIT.

Echenique, M. (1975) **Modelos matemáticos de la estructura urbana: aplicaciones en America Latina**. Buenos Aires: SIAP.

Esposito, A. (2016) **Assessing impacts of flood events in urban areas to understand the resilience of the urban system**. Tese (Doutorado). Università Degli Studi Di Napoli Federico II.

Esposito, A., & Di Pinto, V. (2015). Calm after the storm: The configurational approach to manage flood risk in river cities. *In Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium*, London, UK.

Gadret, H. J. (1969). **Trânsito Superfunção Urbana**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

Geddes, P. (1994). **Cidades em evolução**. Campinas: Papirus.

Geddes, P. (2010). **Civics: as Applied Sociology**. Boston: Qontro Classic Books.

Gil, J., Read, S. (2012). Measuring sustainable accessibility potential using the mobility infrastructure's network configuration. *In Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium*, Santiago, Chile.

Goldbarg, M., Goldbarg, E. (2012). **Grafos**. Elsevier Brasil.

Hanson, J. (1989). **Order and structure in urban space: a morphological history of the City of London**. PhD Thesis, University College London.

Hillier, B. (1996). **Space is the Machine: a configurational theory of architecture**. London: Ed. Cambridge, 1996.

Hillier, B. (2001). A theory of the city as object, or how the spatial laws mediate the social construction of urban space. *In Proceedings of the 3rd International Space Syntax Symposium*, Atlanta - EUA. pp. 02.1-02.28.

Hillier, B. (2002). A theory of the city as object: or, how spatial laws mediate social construction of urban space. **Urban Design International**, Hampshire, v. 7, p. 153-159.

Hillier, B. (2005). The art of place and the science of space. **World Architecture**, 185, 96-102.

Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., & Bedford, M. (1976). Space syntax. **Environment and planning B: Planning and design**, 3(2), 147-185.

Hillier, B., Hanson, J. (1984). **The Social Logic of Space**, Cambridge: Cambridge University Press.

Hillier, B., Burdett, R., Peponis, J., Penn, A. (1987). Creating life: or, does architecture determine anything?. **Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour**, 3(3), 233-250.

Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: planning and design**, 20(1), 29-66.

Hillier, B., Iida, S. (2005). Network and psychological effects in urban movement. *In: International Conference on Spatial Information Theory*. Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 475-490.

Hillier, B., Stutz, C. (2005). New methods in space syntax. **Urban Design**, 93 (Winter 2).

Hillier, B., Yang, T., and Turner, A. (2012). Normalising least angle choice in Depthmap-and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **Journal of Space Syntax**, 3(2), 155-193.

Holanda, F. (2002). **O Espaço de Exceção**. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

Holanda, F. (2010). **Brasília: cidade moderna, cidade eterna**. Brasília:

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. **Annual review of ecology and systematics**, 4(1), 1-23.

Horne, J.F. Orr, J.E. (1998). Assessing Behaviours that Create Resilient Organisations. **Employment Relations Today**. 24(4). pp. 29–39.

Jacobs, J. (2001). **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes.

Jiang, Y., Peng, Q. (2012). The Relationship Between Highways and Urban Roads in Urbanization. *In* **CICTP 2012: Multimodal Transportation Systems—Convenient, Safe, Cost-Effective, Efficient** (pp. 99-104).

Kendra, M.J. Wachtendorf, T (2003). Elements of Resilience After the World Trade Center Disaster: Reconstructing New York City's Emergency Operation Center. **Disasters**. 27(1). pp. 37–53.

Koch, D., & Carranza, P. M. (2013). Syntactic resilience. *In* **Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium**, Seoul Sejong University (pp. 54-1). Sejong University Press.

Kohlsdorf, M. E. (1996). **A apreensão da forma da cidade**. Ed. Univ. de Brasília.

Kostof, S. (1991). **The city shaped: urban patterns and meanings through history**. Londres: Thames and Hudson.

Lamas, J. M. R. G. (2004). **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade: 3ª ed.** Lisboa: Ed. Fundação Calouste Gulbenkian.

Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., and Laganier, R. (2011). A Methodology to Produce Interdependent Networks Disturbance Scenarios, Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Analysis, Modeling, and Management. **Proceedings of the I CVRAM 2011 and I SUMA 2011 Conferences**, 724–731, 2011.

Lynch, K. (1997). **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes.

Lyons, M. (2005). Knowledge and the modelling of complex systems. **Futures**. Issue 7, v.37, p.711-719, 2005.

Maciel, F. B. M. (2018). **Copresença em loteamentos residenciais dispersos em cidades médias brasileiras**. Dissertação (Mestrado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Marshall, S. (2005). **Streets and patterns**. Routledge.

Medeiros, V. A. S. D. (2006). **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas.** Tese (Doutorado) – UNB, Brasília.

Medeiros, V. A. S., Holanda, F. (2007). A step further: segment analysis for comparative urban studies. *In Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul, (pp. 029-01-14).

Medeiros, V. A. S., Holanda, F. (2008). O oásis no labirinto das cidades brasileiras: centros antigos e configuração urbana. *In Anais do Arqumemória 3 - Encontro Nacional de Arquitetos sobre Preservação do Patrimônio Edificado*. Salvador - BA: IAB - Departamento da Bahia. p. 1-23.

Medeiros, V. A. S., Barros, A. P. B. G. (2014). Centralidades e Sintaxe espacial: variáveis para compreensão da acessibilidade urbana”. In: KNEIB, Érika (Org.). **Projeto e Cidade – Centralidades e mobilidade urbana**. Universidade Federal de Goiás.

Mello, J. C. (1984). **Transportes e desenvolvimento econômico**. Brasília: EBTU.

Mouette, D. (1998). **Os pedestres e o efeito barreira**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica/ USP, São Paulo.

Mouette, D., Waisman, J. (2004). Proposta de uma metodologia de avaliação do efeito barreira. In: **Revista dos transportes públicos – ANTP**, v. 26, 2004, 2º trimestre. São Paulo: ANTP.

Netto, V. M., Saboya, R. T., Vargas, J. C., Figueiredo, L., Freitas, C., & Pinheiro, M. (2012). The convergence of patterns in the city:(isolating) the effects of architectural morphology on movement and activity. *In Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium*. Santiago, Chile.

Nogueira, A. D. (2004). **Análise sintático-espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855-2003)**. Tese (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFBA.

Nystuen, J. (1963). Identification of some fundamental spatial concepts. **Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and Letters**, 48, 373-384.

Panerai, P. (2006). **Análise urbana**. Brasília: Editora UNB.

Pereira, R. H. M., Barros, A. P. B. G., Holanda, F. R. B. D., Medeiros, V. A. S. D. (2011). **O uso da sintaxe espacial na análise do desempenho do transporte urbano: limites e potencialidades**. Texto para discussão nº 1630. Brasília: IPEA.

Penn, A.; Hillier, B., Banister, D., Xu, J. (1998). Configurational modelling of urban movement networks. *In: Environmental and Planning B: Planning and Design*, volume 25.

Peponis, J., Hadjinikolaou, E., Livieratos, C., Fatouros, D. A. (1989). The spatial core of urban culture. *Ekistics*, 43-55.

Poète, M. (1929). **Introduction à l'urbanisme: l'évolution des villes, la leçon de l'antiquité.** Boivin.

Portugali, J. (2006). Complexity theory as a link between space and place. *In: Environment and Planning A* 38(4), London: Pion. pp 647-64.

Read, S. (1999). Space syntax and the Dutch city. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(2), 251-264.

Ribeiro, R. J. C., Holanda, F., Coelho, J. M. (2012). Índices de qualidade configuracional urbana. O caso do Distrito Federal, Brasil. *Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, 38(114).

Rigatti, D. (1995). Apropriação social do espaço público - um estudo comparativo. São Paulo. *In: Paisagem Ambiente Ensaios*. São Paulo, nº 7. Junho. (pp.: 141-196).

Rigatti, D. (1997). **Do espaço projetado ao espaço vivido: modelos de morfologia urbana no conjunto Rubem Berta.** Tese (Doutorado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Rigatti, D. (2002). O turista, o morador e o uso do espaço urbano: interações espaciais em Gramado e Canela. *Paisagem e Ambiente*, n. 16, p. 69-107.

Rigatti, D. (2016). Grandes eventos e a mobilidade urbana: o caso de Porto Alegre e a Copa do Mundo de 2014. *Arquiteturarevista*, 12(1), 2-10.

Saboya, R. (2007). **Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos.** Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFSC, Florianópolis.

Salamoni, G. F. (2008). **O crescimento urbano por extensão e suas repercussões em estruturas urbanas: estudo de caso: Santa Maria-RS.** Dissertação (Mestrado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Salingaros, N. A. (2005). **Principles of urban structure.** Techne Press.

Secchi, B. (1989). Lo spessore de la strada, in *Revista Casabella*, nº 553-554,

pág. 38. Milão.

Secchi, B. (2006), **Primeira Lição de Urbanismo**. São Paulo: Perspectiva.

Silva, A. S., Borghetti, L. M., Rigatti, D. (2003). **Procedimentos e critérios de simulações urbanas utilizando os princípios da sintaxe espacial**. ENTECA 2003 – IV Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura.

Silva Júnior, S. B. (2006). **Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos, na percepção dos pedestres**. Dissertação (Mestrado), UFSCAR, São Carlos.

Trinta, Z. A. (2001). **Contribuição ao estudo das travessias urbanas de pequeno e médio porte por rodovias de longo curso**. Dissertação (Mestrado) – COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro.

Turner, A. (2000). **Angular analysis: a method for the quantification of space**. Centre for Advanced Spatial Analysis, UCL, London. Working Paper 23: 22 p.

Turner, A. (2001). 'Angular Analysis'. In: Peponis, J., Wineman, J. and Bafna, S.(eds.), **In Proceedings of the Third International Space Syntax Symposium**, Atlanta, U.S.A: Georgia Institute of Technology, p. 30.1-30.11.

Turner, A. (2004). **Depthmap 4: a researcher's handbook**. London: Bartlett School of Graduate Studies.

Ugalde, C. M. (2013). **Movimento e hierarquia espacial na conurbação: O caso da Região Metropolitana de Porto Alegre**. Tese (Doutorado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Ulysséa Neto, I. and Dias, L. M. M. V. (2003). Identificação e caracterização dos efeitos de segregação de comunidades em projetos de duplicação de rodovias. In: **Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte**.

UNISDR (2009). **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland. Disponível em <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/7817>. Acesso em 15.07.2018.

Valenzuela Montes, L. M. (2000). **Accesos y forma urbana en las ciudades medias andaluzas**. Tese (Doutorado). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada.

Vallejo, M. H. (1995). **Las formas del crecimiento urbano y las variantes de carretera**. Tese (Doutorado). Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, UPC. Espanha.

Van Ness, A. (2001). Road Building and urban change: A morphological and configurative explanation of how ring roads change the pattern of distribution of shops in city and town centers. *In*. **Proceedings, 3rd International Space Syntax Symposium**, Atlanta.

Vargas, J. C. B. (2003). **Centros urbanos vitais: configuração, dinâmica funcional e caráter das ruas comerciais de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Vieira, P. D. A., Medeiros, V. A. S. (2012) Urban morphology and public transportation system: the segregation process in Goiânia, Brazil. *In* **Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium**, Santiago, Chile.

Villaça, F. (2001), **O espaço intra-urbano no Brasil**. 2 ed. São Paulo: Studio Nobel.

Wang, H., Shi, S. J. Rao, X. (2013). A Study of Urban Density in Shenzhen: The Relationship Between Street Morphology, Building Density and Land Use. *In* **Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium**, Seoul – Coria do Sul.

Wilbanks, T. (2007). **The Research Component of the Community and Regional Resilience Initiative (CARRI)**. Presentation at the Natural Hazards Center, University of Colorado-Boulder.

Zampieri, F. L. L. (2006). **Modelo estimativo de movimento de pedestres baseado em sintaxe espacial, medidas de desempenho e redes neurais artificiais**. Dissertação (Mestrado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Zampieri, F. L. L. (2012). **O fenômeno social do movimento de pedestres em centros urbanos**. Tese (Doutorado) – PROPUR, UFRGS, Porto Alegre.

Zampieri, F. L. L. (2013). **Desenho urbano e movimento**. In: Vieira, Marcos Sardá. O futuro da cidade: Florianópolis. Editora Unisul.